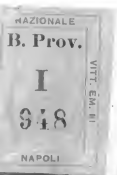






3 H 73



BP

^I
91.8-953

Libreria di
Francesco. Torino 1836.
Deposito in. Torino. 1836.
1836
Libreria di. Torino. 1836.
ELEMENTI
di
FISICA SPERIMENTALE.
Libreria di. Torino. 1836.
TOMO I.

A D. Antonio Biondelli
Per picciol segnale
della infinita soddisfazione
ricevuta
nella disputa di fisica
egregiamente
da lui sostenuta nel dì
14 aprile 1796
il Lettore Galanti

609119
SBN

ELEMENTI DI FISICA SPERIMENTALE

DEL PUBBLICO PROFESSORE

GIUSEPPE SAVERIO POLI

ISTRUTTORE DI S. A. R. IL PRINCIPE ERED. DELLE SICILIE ;

Membro Britannico della Società Reale di Londra ; Socio dell' Accademia
dell' Istituto di Bologna, di Torino, e di Siena ; Pensionario
della Reale Accademia delle Scienze di Napoli, ec.

EDIZIONE PRIMA VENETA

Arricchita d' Illustrazioni

DELL' ABATE ANTONIO FABRIS

E DI VINCENZO DANDOLO,

E corredata di due Dizionarj di Nomenclatura chimica vecchia e nuova ;
nuova e vecchia,

DOPO LA QUARTA NAPOLETANA

Notabilmente accresciuta e migliorata dall' Autore.

TOMO I.



VENEZIA MDCCXCIII.
DALLA NUOVA STAMPERIA

Presso Antonio Fortunato Stella

Con Publica Approvazione e Privilegio.

811892

*Hominis sapientia est, ut neque te omnia scire putēs, quod
Dei est; neque omnia nescire, quod pecudis. Est enim
aliquod medium, quod sit hominis; idest SCIENTIA CUM
IGNORATIONE CONJUNCTA, ET TEMPERATA.*

Lactant. Div. Instit. Lib. 3. Cap. VI.

GLI EDITORI VENETI

A CHI LEGGE.

Mentre abbonda l'Italia di tanti corsi particolari o di Fisica-Matematica, o di Fisica-Sperimentale, non ne ha ancora uno che presentando come in un solo quadro tutti i rami di questa vastissima Scienza, contenga nel tempo stesso tutte le più importanti osservazioni ed esperienze fisiche colle leggi del calcolo applicate alle medesime. Non odonsi tuttodì che doglianze or da una parte, or dall'altra, o perchè questa Scienza è trattata con un tuono così misterioso e sublime, che pare destinata per un piccolo numero d'enti privilegiati, o perchè, affine di renderla accomodata all'intendimento di tutti, si viene a snervarla e indebolirla a segno, che d'una Scienza profonda ne risulta talvolta una semplice storia. In mezzo però a questi universali lamenti, ed a questi generali desiderj pare che, per metter termine ai primi, e soddisfare ai secondi, la Fisica del chiarissimo

4

sig. Poli sia quella che abbia fissato lo sguardo del Pubblico. Quattro edizioni in brevissimo tempo uscite alla luce, i grandi elogi che ne fecero quasi tutti i giornali, i dotti allievi che sappiamo aver essa fatti, sono prove luminosissime del merito reale di quest' opera insigne. Quindi volendo noi dare al nostro paese un corso di questo genere di studj, dopo le più serie ed accurate riflessioni, non abbiamo trovato nè il più utile, nè il più scelto di questo. Per renderlo poi più completo e più generale che fosse possibile, ne interrogammo i Professori che lo insegnarono dalle cattedre, e gli studiosi che se lo proposero per modello; e rivolgendo tutta la nostra attenzione alle illustrazioni che ne facevano gli uni, ed alle difficoltà che ne andavano incontrando gli altri, ci siamo determinati a tenere nelle nostre note od illustrazioni il metodo seguente.

Di mano in mano che abbiamo trovato qualche passo difficile, lo abbiamo renduto possibilmente intelligibile e chiaro. Si è da noi confermato con nuovi argomenti e con novelle esperienze tutto ciò che ci pareva ricercare una maggior forza e solidità. Tutti i teoremi semplicemente indicati dall' Autore, e
mol-

molti altri ancora che abbiamo trovati necessarij per servire di fondamento ad alcune dottrine, si sono da noi diffusamente dimostrati. Qualche volta ancora allontanandoci in apparenza dall'oggetto, vi abbiamo inseriti dei corollarj e degli scolj, ma sempre coll'idea di risparmiare, in altri luoghi meno opportuni, delle inutili ripetizioni. Abbiamo pure talvolta confutato quello che ci pareva poco vero, o poco probabile; ma nel farlo, abbiamo osservato quel rispetto e quella modestia che convengono ai coltivatori di queste Scienze. Finalmente nella parte Fisico-Chimica abbiamo sostituite teorie e principj nuovi, a teorie e principj vecchi affatto abbandonati. E per bene istruire i giovani nelle nuove teorie stesse, abbiamo creduto di porre in fine dell'opera due Dizionarj ragionati di nomenclatura chimica vecchia e nuova, nuova e vecchia.

Le nostre note ed aggiunte, essendo poste in fondo di pagina, e in fine dell'opera, non interrompono la lettura del testo, e formano una classe di cose separate e disgiunte dal medesimo. Chi le crederà inutili, o straniere, scorrerà l'opera dell'Autore

senza deviare dal suo cammino. Ma quelli che desiderosi di seguire un direttore tanto saggio, non isdegnassero d'ascoltare anche coloro che istrutti parimente del cammino, diventassero i loro amici e compagni di viaggio, quelli dico, potranno leggere le nostre osservazioni e le nostre aggiunte. Non vedranno regnar in esse, se non quel candore e quel vivo zelo che sono le divise caratteristiche di chiunque, nella Scienza Fisica, si propone di cercare la verità, e dove giunga a scoprirla, desidera comunicarla agli altri.

AL

AL CLEMENTE
E GLORIOSO SOVRANO
FERDINANDO IV.
RE DELLE SICILIE

ec. ec. ec.

SIGNORE

Oso francamente affermare non esservi alcuno, il quale ignori a' dì nostri la vasta estensione della Scienza della Natura, e lo strettissimo legame ch'ella serba non sola-
a v men-

mente colle altre Scienze , ma eziandio con ogni sorta di Facoltà necessarie , o almeno utili al genere umano . L' Agricoltura , la Nautica , il Commercio , la Medicina , l' Architettura , e finanche l' Arte della Guerra , che debitamente adoperata pone in sicurezza nel sen della patria il fedel cittadino , ritrar veggiamo tuttora da essa i più opportuni ed efficaci vantaggi . Le Carrucole , gli Argani , le Ruote , i Torchi , le Leve d' ogni genere , non che la numerosa e variata serie di macchine e di stromenti , che da quelle son composti , son tutte fruttuose invenzioni di siffatta nobilissima Scienza : la quale profittando d' altra parte di quei lumi che le vengono talora somministrati da' Mestieri e dalle Arti meccaniche , li riduce poi alla più gran perfezione ; li avvalora vie maggiormente , e n' estende gli usi e i vantaggi in modo affatto meraviglioso ; ella è finalmente , che di tutte coteste cose calcola accuratamente le proporzioni ed i rapporti ; e le adatta con mirabile artificio a' particolari casi ed a' bisogni . .

gni. Per la qual cosa non si avrà la menomina difficoltà a persuadersi, che il promuovere i progressi e lo studio della Fisica equivale allo stesso, che ad incoraggiare ed a promuovere que' mezzi che sono indubitabilmente il fonte inesausto e perenne de' comodi e delle ricchezze di unò Stato. Posso dire in fatti, o Signore, di aver Voi eccitati i più vivi sentimenti di gratitudine e di gioia, negli animi più sensibili di questa Vostra fedelissima Nazione, coll' esservi degnato di stabilire nella Vostra Regia Università una nuova Cattedra di siffatta Scienza; e con aver fatto sì che la medesima non si limitasse soltanto a sodi raziocinj ed a pure specolazioni, ma avesse per oggetto nel tempo stesso l'esibizione di que' tali sperimenti, per la cui forza la catena delle naturali verità si rendesse evidente a segno da non potersi porre in dubbio da chicchessia. A Voi dunque benignissimo e glorioso Istitutore di questa grand' opera, e mio generoso Sovrano, consacro ora umilmente queste mie, comechè te-

a vi

nui

nui fatiche ; sulla fiducia , che come vi siete degnato con tanta Clemenza di ordinarne il lavoro , così vogliate parimente farle degne dell' alta Protezion Vostra , e del benigno Vostro gradimento .

Di V. R. M.

Umiliss. e Fedeliss. Suddito
Giuseppe Saverio Poli .

P R E F A Z I O N E.

Riflettendo talvolta meco stesso intorno alla condizion di coloro, i quali trovansi obbligati a scrivere gl'Istituti di qualunque Scienza, sono stato sempre di opinione esser quella estremamente critica e svantaggiosa. Non v' ha cosa più facile quanto il ritrovar di quegli, che vi oppongon la taccia di esser troppo concisi, e di non contener altro se non che un ordinato elenco di proposizioni, qualor l'Autore si limita rigorosamente alle cose necessarie soltanto, con quella brevità che un Istituto richiede; oppur che li reputano troppo lunghi e diffusi, nel caso che lo Scrittore abbia avuto in mente di sviluppar le dottrine in modo che riescano intelligibili senza molta fatica. Per la qual cosa lungi io dal lusingarmi di avere scritto in maniera questi Elementi di Fisica Sperimentale, che debba rendermi favorevole il giudizio di ognuno, dirò unicamente di avere adoperata una particolar diligenza ed attenzione, per far sì che i medesimi non riuscissero nè tanto brevi, che parer potessero troppo secchi, nè tanto estesi, che
dar

dar potessero motivo di taccia per la parte opposta. Ond'è, che non lasciando giammai di mira una certa discreta brevità, che necessariamente serbar si dee in Opere di tal natura, ho fatto tutti gli sforzi possibili per isviluppar le dottrine in essi contenute fino ad un segno, che riuscir potessero di facilissima intelligenza, e convenientemente adattate alla capacità di tutti coloro che ne dovranno far uso. E poichè la maggior parte de' medesimi non sogliono avere studiato, se non se i primi Elementi della Geometria; mi sono attenuto al partito di non far uso neppur de' segni algebratici: tanto vieppiù perchè dovendo ciascheduno di essi, in vigore di R. Ordine, dar conto esatto delle dottrine contenute in quest'Opera, come un requisito necessario per esser promossi al Dottorato di Medicina; mi è convenuto necessariamente di usare un linguaggio che fosse intelligibile a tutti. Pel qual riflesso mi sono affaticato eziandio a ridurre le dimostrazioni alla maggiore semplicità possibile; tralasciando quelle che di lor natura eran troppo complicate ed astruse. Le Teorie (su di cui mi sono principalmente dilungato, per esser elleno in realtà la parte scientifica dell'Opera)

ra) saranno regolarmente confermate per via di sperimenti, i quali non solamente autentificano, diciam così, ed assodano le verità speculative, ma le imprimono nel tempo stesso così vivamente negli animi de' giovani allievi, che difficilmente si cancellano per forza di tempo. Questa vantaggiosa opportunità, che hanno qui i giovani di osservare una bella serie di macchine ed i loro usi, mi ha fatto riputare inutile il descriverle, e l'entrare in un minuto dettaglio circa la maniera, onde gli sperimenti si debbono praticare: cosa, che riesce, per verità, sommamente noiosa e ristucchevole, siccome avranno sperimentato coloro che si son messi a leggere il corso di Fisica dell'abate Nollet. Per la qual cosa mi sono attenuto al partito di accennar soltanto quelle parti delle macchine, che conducono all'intelligenza de' rispettivi sperimenti; potendosi supplire al resto mercè l'ispezione delle figure. In simil guisa il dettaglio degli sperimenti divisati si è ridotto unicamente al puro necessario, talchè si possano dalla lettura di essi rilevar nettamente le prove delle verità che li riguardano: ciocchè dà benanche un vantaggio a coloro, che non essendo

prov-

provveduti di macchine, e non ritrovandosi in circostanze di poter assistere al Corso che dassi annualmente in questa Università, vorranno essere istruiti intorno alle cose contenute in quest' Opera.

Avendo costantemente in mira il profitto de' giovani; ogni volta che mi si è presentata l'opportunità, ho cercato sempre di additare gli usi delle dottrine le più interessanti, affinchè si possano quelle applicare ai casi pratici; o almeno per poterne ritrar de' lumi che riuscir potessero profittevoli nelle varie occorrenze della vita: ciocchè costituir dee lo scopo di tutti coloro, i quali si pregiano di essere effettivamente interessati pel bene dell' uman genere, e di poter rendere degli efficaci servizi a' loro simili. Oltrechè non ho tralasciato di rapportarvi tutte le nuove scoperte; e specialmente quelle che riuscir possono più profittevoli a noi; quali sono, per esempio, le scoperte relative all' elettricità, ed ai suoi usi nella guarigione di parecchie malattie: ciocchè si tiene comunemente in un totale discredito, ma che si pratica oggigiorno con molta felicità in Inghilterra, con aver cambiato l' antico metodo di applicarla. Di questo genere sono
be-

benanche le scoperte che riguardano l'aria infiammabile, fissa, nitrosa, ed altre arie fattizie d'indole simigliante; come altresì le osservazioni praticate relativamente al calore animale, ec., le quali cose faranno per la maggior parte il soggetto del secondo volume. E finalmente ho adoperata una cura speciale per far sì che ciascuno rilevar potesse, per così dire, a colpo d'occhio quali sieno le verità dimostrate e quali le ipotetiche, ossia fondate unicamente su di pure conghietture; senza dissimulare che intorno a parecchi punti, ne' cui recessi non è ancora giunto a penetrare, ad onta de' più vevoli sforzi, l'umano intelletto, ci troviamo del tutto privi di lumi, e perciò abbandonati interamente nelle tenebre dell'incertezza.

Mi sono creduto in obbligo nel tempo stesso di seguire un metodo tale in tutto il corso dell'opera, che si potessero render manifesti a ciascuno que' principj, donde le rispettive verità immediatamente derivano, talchè scorger si potesse a chiaro lume quella stretta e meravigliosa connessione, cui serbano scambievolmente ne' varj punti di vista le cagioni e gli effetti; e quindi rilevare, che questi, comechè
innu-

innumerabili e quasi infiniti, vengono tutta-
 volta originati da un picciolo e determinato
 numero di cagioni; le quali quantunque rego-
 late sempre da poche leggi economicamente
 stabilite da una infinita ed imperscrutabile sa-
 pienza, variano però in mille guise, per for-
 za di modificazioni, i loro maravigliosi lavori.
 Non v'ha cosa, a parer mio, la quale sia suf-
 ficiente a destare in noi i più vivi sentimenti
 di stupore e di ammirazione pel sapientissimo
 architetto della grand'opera della Creazione,
 quanto il meditare un poco sulla prodigiosa
 semplicità ed economia, con cui vedesi go-
 vernato il general sistema dell'universo.

I continui ed efficaci sforzi de' gran filosofi
 de' nostri tempi per poter penetrare più adden-
 tro nella conoscenza della natura, rendendo
 quest'opera suscettibile di tratto in tratto di
 qualche accrescimento e di maggior perfezio-
 ne, valgomì volentieri dell'occasione che pre-
 sentami il rapido spaccio delle tre edizioni an-
 tedendenti, per arricchir questa quarta delle più
 interessanti scoperte fattesi di recente su di
 varie materie, e per illustrare maggiormente
 le dottrine ch'eran già note (non risparmiando
 neppur l'aggiunta di alcune figure), ad og-
 get-

getto che i giovanetti allievi acquistar possano le cognizioni più complete che sia possibile intorno a questa scienza.

Non sembri strano il veder inserito il saggio di astronomia, e il trattato sul flusso e riflusso del mare nel primo volume di quest' opera, ove si ragiona unicamente della fisica generale; poichè ciò facendo, non solo ho creduto di legarli immediatamente, come ho testè dichiarato, colle dottrine delle forze centrali da cui essi hanno una grandissima dipendenza, e perciò di renderli pienamente intelligibili a' giovani allievi; ma ho giudicato benanche di render nel tempo stesso amena e dilettevole quella parte della Fisica, cui la mancanza di mostrarne contemporaneamente a' giovani stessi la preziosa utilità e le vantaggiose conseguenze, alle quali apre la strada, fa loro riguardare come poco interessante, anzi dell'intutto ristucchevole.

Queste son quelle cose, che ho sempre avute presenti allo spirito durante il tempo che ho scritto questi Elementi di Fisica. Se sarò ben riuscito nella mia intrapresa, potrò riputarmi fortunatissimo: in caso contrario, rammento a chiunque esaminerà questa mia fatica,

ca,

ca, che basta l'esser uomo per far sì che si possan commetter de' falli; sia per mancanza di cognizione circa le cose su cui si versa l'argomento; sia per aver giudicato male su di ciò che non s'ignora; sia finalmente per non avere espresso come conveniva le verità già sapute ed i più retti giudizj.

I N D I C E D E L L E L E Z I O N I

E DEGLI ARTICOLI

contenuti in questo primo Tomo.

L E Z I O N E I.

Sulla Materia in generale. Pag. I

A R T I C O L O I.

Dell' Esistenza, della Natura, e delle Proprietà della Materia. ivi.

A R T I C O L O II.

Dell' Estensione, e quindi della Divisibilità della Materia in un prodigioso numero di parti; e della natura delle medesime, considerate come elementi de' corpi. 4

A R T I C O L O III.

Della Porosità de' Corpi, e quindi della loro Densità. 22

A R T I C O L O IV.

Dello Spazio vuoto. 32

A R T I C O L O V.

Della Forza d' Inerzia. 36

ARTICOLO VI.

Della Forza di Attrazione e di Ripulsione. Pag. 38

ARTICOLO VII.

Della Forza di Gravità, e delle sue Leggi. 54

LEZIONE II.

Sul Moto. 72

ARTICOLO I.

Del Movimento in generale, e delle sue diverse specie. ivi.

ARTICOLO II.

Del Moto equabile, ossia uniforme. 77

ARTICOLO III.

Delle Forze motrici, e della maniera di misurarle. 81

ARTICOLO IV.

Della Quantità del Moto. 88

ARTICOLO V.

Degli Ostacoli che si presentano al Moto. 96

LEZIONE III.

Delle Leggi di Moto, e di alcune Teorie immediatamente connesse con quelle. 104

ARTICOLO I.

Della prima Legge di Moto, e quindi delle Forze centravivi.

ARTICOLO II.

Breve Saggio di Cosmografia.

Pag. 121

ARTICOLO III.

De' pianeti in particolare, della loro grandezza, e distanza dalla Terra, e de' loro moti periodici.

137

ARTICOLO IV.

Breve saggio della Sfera, ossia de' varj Cerchi, in cui si suppone divisa la Terra.

153

ARTICOLO V.

Spiegazione de' principali fenomeni celesti secondo il Sistema Copernicano.

159

LEZIONE IV.

Dell' Applicazione delle Forze centrali al moto de' Corpi celesti; e quindi del Flusso e Riflusso del Mare.

170

ARTICOLO I.

Delle Teorie delle Forze centrali rapportate a' Corpi celesti.

ivi.

ARTICOLO II.

Del Flusso e Riflusso del Mare.

181

LEZIONE V.

Continuazione delle Leggi del Moto.

195

ARTICOLO I.

*Della seconda Legge del Moto; e quindi del Movimento
circolare, ed oscillatorio.*

ivi.

ARTICOLO II.

Della Risoluzione del Moto. Pag. 105

ARTICOLO III.

Del Moto composto variabile, ossia curvilineo in generale. 108

ARTICOLO IV.

Della terza Legge del Moto. 111

CONTINUAZIONE

DELLA TERZA LEGGE DEL MOTO

DELLA TERZA LEGGE DEL MOTO

DELLA TERZA LEGGE DEL MOTO

DELLA TERZA LEGGE DEL MOTO

DELLA TERZA LEGGE DEL MOTO

LEZIONE I.

Sulla Materia in generale.

ARTICOLO

*Dell' Esistenza, della Natura, e della Proprietà
della Materia.*

1. L'oggetto della Scienza della Fisica, che direbbesi altrimenti *Scienza della Natura*, è tutto ciò che v'ha di sensibile nel vasto Teatro dell'Universo: nel cui esame non ristringesi ella soltanto alla considerazione degli effetti e de' fenomeni, ma si sforza ben anche, per quanto è possibile, di rintracciar le cagioni che li producono. E' cosa inutile il porsi ad investigar seriamente per via di raziocinj, se coteste materiali sostanze, che colpiscono i nostri sensi di continuo ed in varie guise, abbiano o no realmente la loro esistenza (1). Se l'interna nostra coscienza ce ne rende oltremodo sicuri, e

TOM. I.

A

se

(1) Alcuni Filosofi hanno negata la reale esistenza dei corpi. Ecco uno dei loro principali argomenti: La nostra anima essendo spirituale, e le idee che noi ci formiamo degli oggetti nulla avendo di comune cogli oggetti stessi, ne segue che queste idee non possono esser prodotte da questi oggetti. L'oggetto d'un'idea non può essere che un'altra idea, la quale non dev'essere una cosa materiale; cost l'oggetto dell'idea che noi abbiamo dei corpi, è quella idea stessa che ne ha Dio, idea che in nulla rassomiglia ai corpi, nè che loro potrebbe per nessun conto rassomigliare. La maggior parte per altro dei Fisici considera questi e simili argomenti come tanti giuochi di spirito, e mette come certa l'esistenza dei corpi. Ecco in sostanza le loro più forti ragioni: Noi sappiamo (dicono essi) d'avere delle sensazioni;

sap-

se il nostro intelletto ad onta de' maggiori sforzi possibili non può concepire se non se materia; perchè mai affannar ci dobbiamo a volerlo poi matematicamente dimostrare, quasi che l'esistenza della materia svanisse per non aver noi de' mezzi da poterne convincere gli altri?

2. Se la *natura* o vogliam dire l'*essenza* di cotesta materia (1) ci si potesse render nota in qualunque modo, sarebbe essa l'oggetto interessantissimo delle prime ricerche del Fisico. Ma poichè avvolta ella tra dense e folte tenebre par che abbia finora delusi i più gravi sforzi degl'ingegni più perspicaci, uopo è riguardare le indifferenti opinioni de' Filosofi su di tal punto come puramente vaghe e immaginarie; e quindi tener per fermo che l'idea che si ha della materia, è del tutto imperfetta.

3. Questa verità si rende più soda e più evidente col riflettere, che non solamente siamo all'oscuro su ciò che riguarda l'essenza della materia; ma v'ha eziandio ragion di credere, che forse non si sono conosciute tutte le sue proprietà. Di fatti prima che Newton ne avesse suggerite le prove, era un semplice sospetto venuto a cognizione di pochi, che l'attrazione convenisse generalmente a tutt'i corpi. Ed ora chi mai ci può assicurare, che non abbiano i medesimi altre proprietà a noi ignote (2)?

4. Forz'

sappiamo ancora che queste sensazioni non dipendono dalla nostra volontà; dunque noi non ne siamo la vera causa; dunque esistono fuori di noi delle altre cause che le producono. Quindi comprendiamo che noi non siamo le sole cose ch'esistono, ma che vi sono nel mondo degli altri esseri fuori di noi; e questi esseri che altro saranno se non se corpi realmente esistenti, simili a quelli che noi immaginiamo?

(1) L'essenza della materia consiste in quelle tali cose, dalle quali risulta il corpo, e senza le quali esso non può esistere; che val quanto dire, l'essenza della materia è il soggetto in cui risiedono tutte le sue proprietà.

(2) Appunto perchè non conosciamo l'essenza della materia, noi non possiamo sapere, se le sue proprietà che fino al presente conosciamo

mo

4. Forz'è ripartire in due classi le proprietà della materia a noi conosciute; comprendendo nella prima tutte quelle che sono inseparabili da' corpi, e che sono sempre le medesime in qualunque luogo, in qualunque tempo, ed in qualsivoglia circostanza; laddove la seconda abbraccia tutte quelle altre che non competono ai corpi se non se per accidente, dimodochè la loro privazione non porta seco la distruzione di quelli. Nella prima classe si annoverano l'*Estensione*, la *Solidità* o vogliam dire *Impenetrabilità*, la *Figurabilità*, la *Mobilità*, l'*Inerzia*, ed altre tali. Alla seconda si appartengono il colore, l'esser freddo o caldo, la fluidità o la durezza, l'esser levigato o scabroso, l'esser sonoro, odoroso, opaco, luminoso, ed infinite altre proprietà simili a queste; le quali ognun vede che possono variare a norma delle circostanze. Per lo contrario non v'ha corpo in Natura che non sia sempre esteso; ond'è che Reato delle Carte riguardò l'estensione come l'essenza della materia; confondendo l'idea del corpo fisico con quella del corpo matematico. Similmente non v'ha corpo nell'Universo che non sia solido; che val quanto dire che non resista al tatto, e non impedisca ad un altro corpo di occupare il suo luogo nel tempo stesso. Quindi Gassendo considerò l'essenza del corpo riposta in questo attributo; non accorgendosi, che non possono dal medesimo derivare tutti gli altri, i quali come aderenti, dirò così, all'essenza, debbono necessariamente derivare da quella. Procedendo oltre in simil guisa, non si troverà un corpo che non abbia una qualche figura; che non sia atto al moto; quantunque non si muova attualmente; che non sia divisibile in parti di cui si compone; e finalmente che non sia *inerte*.

5. La conoscenza di tutte le rammentate proprietà
A 2 della

mo, sieno le sole che le possono appartenere, oppure se nuove cognizioni ce ne farebbero scoprire delle altre, alle quali non si è pensato giammai.

della materia è derivata unicamente dall'esperienza: e poichè non v'ha corpo su cui si possono istituire gli esperimenti, il quale non sia fornito di siffatte proprietà; ragion vuole, che le medesime si reputino comuni anche a quei corpi che non si possono assoggettare ad un tale cimento, e conseguentemente che si riguardino come universali della materia(1).

ARTICOLO II.

Dell' Estensione, e quindi della Divisibilità della Materia in un prodigioso numero di parti; e della natura delle medesime, considerate come elementi de' corpi.

6. **L**a prima proprietà che ci presentano i corpi, qualor gettiamo su di essi lo sguardo, è la loro *Estensione* in lunghezza, larghezza, e profondità, su di cui assegnar si possono varj punti, gli uni distinti dagli altri. Siam da ciò agevolmente indotti a concepire d'esser eglino atti a poter esser separati in alcun modo; e quindi ne deriva l'idea della divisibilità de' corpi, e della loro figura; conciossiachè non estendendosi essi all'infinito, forz' è che abbiano alcuni determinati limiti, da' quali poscia la figura risulta. Per poco che si voglia riflettere sulle proprietà che ha la materia di poter esser divisa in parti, nasce tosto la curiosità di sapere i limiti di una tal divisione. Non è agevole però il rimanerne soddisfatto. Se la cosa vogliasi esaminare matematicamente, si troveranno delle dimostrazioni per provare, che la materia è divisibile all'infinito. Basterà il rapportar qui la seguente ch'è molto decisiva. Suppongasì, che una particella qualunque di materia ven-
ga

(1) Perchè gli effetti della medesima specie riconoscono le medesime cause. Questo modo di giudicare che ha spessissima luogo in tutta la Fisica, si chiama *giudicare per analogia*.

ga espressa dalla linea AB . Per le sue estremità A e B Tav. 1.
Fig. 1. si facciano passare due rette CD , EF , parallele tra di loro, prolungate all'infinito. Se nella retta BF si prenda qualsivoglia numero di parti finite, e da un punto, come H preso tra A e C , si tirino altrettante linee rette a' varj punti di divisione; coteste rette segheranno la particella AB in un numero di parti ad esse corrispondente. Ciò non ostante però, per quanto grande vogliasi prendere siffatto numero, non si potrà giammai segare tutta la linea AB : imperciocchè essendo le due rette CD , EF , tra se parallele, non si potrà giammai dal punto H tirare una retta a qualunque punto di divisione assegnabile in BF , la quale vada a coincidere colla retta CD ; e per conseguenza ci resterà sempre una porzione di AB tra A ed O , che non mai si potrà finir di dividere, sia quanto si voglia immenso il numero de' punti presi in BF : donde si rileva ad evidenza esserci nella particella AB un numero infinito di parti (1).

7. Volendosi d'altrotte porte al cimento l'immaginazione, sebbene possa questa concepire le più picciole particelle come dotate di una picciolissima estensione, e perciò capaci di poter esser divise sempre più in altre parti; pure giunta che sia ad un certo segno, si smarrisce finalmente e si confonde: le facoltà del nostro intelletto sono del tutto limitate; e ci troviam tanto imbarazzati nel concepire cento milioni di particelle in un granello di sabbia, quanto lo siamo nel voler formare l'idea dell'estensione immensa dell'intero Universo. Lasciamo dunque da parte le dimensioni astratte che fan l'oggetto della Matematica, e non c'imbarazziamo co' voli dell'immaginazione, che ci fan sempre rimanere nell'incertezza; ma osserviamo quello che la Natura c'

A 3

P

(1) Anche pel corollario 4 della prop. 16 l. 3 si concepisce forse più chiaramente la divisibilità della materia all'infinito.

l'Arte ci offrono in realtà su di tal punto: conciossiachè quantunque siffatti lumi non decidano se il campo assegnato alla rapportata divisione si estenda all'infinito, nulladimeno ci mostrano ad evidenza, che la materia è capace di esser divisa in un numero di parti così immenso, che giugne fino a stancare la più vivace immaginazione.

8. Se in una notte serena pongasi a cielo aperto una candela accesa, diffonderà questa tanta luce, che si potrà agevolmente scorgere fino alla distanza di due miglia, ossia di 10 mila piedi tutt'all'intorno. Egli è noto presso de' Matematici, che uno spazio sferico, che abbia il semidiametro di 10 mila piedi, in se contiene 4 billioni 190 mila 40 e più milioni di piedi cubici (1). Per via di un agevole sperimento si può rilevar di leggeri, che una candela di sego di sei a libbra può continuare a bruciare per lo spazio di cinque ore, e quindi che nello spazio di un secondo viene a consumarsi $\frac{1}{12}$ parte di un grano di sego. Che però egli è chiaro, che le par-

(1) Per trovare la solidità d'una sfera, il cui raggio è di 10,000 piedi operate come segue (per le teorie che s'insegnano nei trattati della Stereometria): usando della nota proporzion d'Archimede del diametro alla periferia di 7 : 22, trovate prima la circonferenza di questo cerchio che ha 10,000 piedi di raggio, e 20,000 di diametro. Fate dunque $7 : 22 :: 20,000 : x$ e troverete $x = \frac{22 \times 20,000}{7} = 62\ 857$ (trascu-

rando il rotto come farete in seguito) periferia cercata; moltiplicate questa periferia per la metà del raggio, cioè, per 5000, ed avrete per ora l'area d'un cerchio massimo di questa sfera eguale a 314,285,000 piedi quadrati. Prendete quattro volte quest'area, ed avrete 1,257,140,000 uguale alla superficie di tutta la sfera; moltiplicate questa superficie per una terza parte del raggio, cioè, per 3333, ed avrete 4,190,047,620,000 piedi cubici eguali alla solidità della sfera; e per avere un numero rotondo considerate le tre cifre 762 come tre zeri (il che non altera sensibilmente il valore trattandosi d'un numero così grande) ed avrete, come dice l'autore, la solidità della sfera eguale a 4,190,040,000,000 piedi cubici.

particelle di luce sviluppate da $\frac{1}{14}$ di un granello di sego illuminano uno spazio sferico che in se contiene 4 bilioni 190 mila 40 e più milioni di piedi cubici, per lo continuato intervallo di un secondo (1). Ciochè a dir vero ci fa rilevare, che la picciolezza delle particelle della materia è immensa a segno tale, che supera di molto la forza della nostra immaginazione; la quale resterà vie maggiormente imbarazzata e confusa dal riflettere, ch'essendo la luce lanciata da' corpi luminosi con una indicibile celerità, l'anzidetto spazio sferico viene ad esser riempito più migliaia di volte nell' intervallo di un secondo da quella luce che si sviluppa da $\frac{1}{14}$ di un granello di sego (2).

9. E giacchè si ragiona di luce, si può dar mai argomento più convincente a pro dell' enorme divisibilità della materia, di quello che si ricava dal forare una car-

A 4

ta

(1) Inoltre riflettasi che ogni pollice contiene 100 parti visibili ad occhio nudo (come anche vedremo più sotto) e che perciò ogni piede, ch' equivale a 12 pollici, ne contiene 1200. Si faccia il cubo di 1200 moltiplicando due volte per se stesso, e si avranno (considerando tanti zeri tutte le cifre fuorchè la prima per avere un numero rotondo benchè con nostro discapito) 1000 milioni di particelle di luce contenute in un piede cubico. Si moltiplichi finalmente questo numero per 4 bilioni di piedi cubici della data sfera; il prodotto che si troverà eguale a 4,000 e più trilloni, indicherà il numero inconcepibile di particelle di luce che conterrà la data sfera.

(2) La luce è lanciata dai corpi luminosi (come vedremo a suo luogo) con una tale velocità che percorre 3 milioni di leghe in un minuto, oppure 50 mila leghe in un secondo. Riducete queste leghe in piedi, moltiplicandole per 13722 (numero di piedi corrispondenti ad una lega), ed avrete 600 e più milioni di piedi equivalenti alle 50 mila leghe. Ora è chiaro che se dividete questo numero di piedi per 10 mila, raggio della data sfera, il quoto che troverete eguale a 60 mila, v' indicherà il numero di particelle, che in un secondo sono lanciate dalla candella ad uno dei punti della superficie della sfera, ovvero il numero delle volte che tutto lo spazio sferico è riempito da queste particelle.

ra colla punta di un finissimo ago? Collocandoci in un luogo aperto, e adattando destramente l'occhio al mentovato bucolino, ci si renderà visibile una buona parte del celeste emisfero. Per quanto suppor si voglia vivace la nostra immaginazione, chi mai potrà comprendere col pensiero, oppur chi mai non ismarrirassi al solo tentar di considerare l'infinito numero di particelle di luce, le quali spiccate da ogni punto visibile del firmamento uopo è che si facciano strada attraverso di quel foro per internarcisi nell'occhio, e quindi renderceli tutti sensibili? Quale abisso di stupore non ci si para dinanzi al solo riflettere, che tutti quegli infiniti raggi debbono raccorsi nel tempo stesso nel picciolissimo spazio contenuto in quel foro! Qual mai adunque esser dee la loro sottigliezza, e quanto ancor più esili le particelle ond'essi son composti (1)!

10. Oltre a che è noto a' Fisici l'esperimento del Boyle, praticato con un' oncia d'acqua messa a bollire dentro di un picciol globo di rame guernito di un sottilissimo orifizio. Tostochè il vapore dell'acqua rarefatta incominciò a scappar fuor da quello, formò una specie di piramide che occupava lo spazio di circa 3 $\frac{1}{2}$ pollici cubici, e che continuò ad uscire dal globo per l'intervallo di 18 oppur 20 minuti. Or supponghiamo per
ren-

(1) Si sa dai principj di Prospettiva, che l'angolo visuale maggiore è di 60 gradi, cioè, che noi possiamo vedere in un istante uno spazio compreso tra 60 gradi per tutti i versi. Ora, supponiamo che quest'angolo sia diminuito nel caso nostro della metà (il che però non può essere), e che a traverso del foro fatto nella carta veggiamo solo uno spazio compreso fra 30 gradi, attesa la piccolezza del foro, e la poca sua distanza dall'occhio; supponiamo ancora che lo spazio che vediamo, sia lontano da noi 2 bilioni di leghe (distanza generalmente attribuita alle stelle più vicine alla terra. In queste ipotesi, ancor molto minori del vero, passano a traverso del bucolino tutte quelle particelle, che possono essere spiccate o riflesse dalla superficie della base d'un segmento sferico di 30 gradi, il cui raggio è per lo meno di 2 bilioni di leghe.

render la cosa più agevole ad immaginarsi, che l'orifizio, onde usciva la mentovata piramide di vapore, si fosse rivolto ad un diverso punto in ogni secondo di tempo: è cosa indubitata, che nello spazio degli anzidetti 18 minuti, che uguagliano 1080 secondi, sortirono dal globo di rame 1080 differenti piramidi di vapore; ciascuna delle quali essendo uguale, come si è detto, a 32 pollici cubici, ne siegue, che l'accennata oncia di acqua ridotta in vapore occupò lo spazio di 1080 volte 32 ossia di 34560 pollici cubici. Consideriamo ora, che la lunghezza di un pollice si può da un buon Artefice dividere agevolmente in cento parti visibili ad occhio nudo; e sarei sicuri, che a tenore di questa moderata supposizione vi sarà in ogni pollice cubico un milione di particelle visibili: dal che ne siegue, che l'oncia d'acqua uguale a poco men di un pollice cubico fu divisa in forza della rarefazione in 34560 milioni di particelle (1).

11. Volendo provare questa verità con calcoli assai più determinati, non si ha a far altro che riflettere, che i Battitori di oro possono distendere un grano di un tal metallo sino a formarne una foglia che occupi lo spazio di cinquanta pollici quadrati. Richiamando alla memoria il fatto avanzato dianzi, cioè a dire che la lunghezza di un pollice può dividersi agevolmente coll'arte in 100 parti visibili ad occhio nudo; si troverà, che ogni pollice quadrato dell'anzidetta foglia di oro si può dividere in diecimila parti, che sono il quadrato di 100. Che però moltiplicando diecimila per 50, ch'è il numero de' pollici quadrati che vengono occupati dalla foglia d'oro, si vedrà che cotesta foglia e conseguentemente il grano d'oro, da cui si è formata, si può da un

(1) Essendo il cubo il prodotto di un numero moltiplicato due volte per se stesso, si avrà $100 \times 100 \times 100 = 1,000,000$ parti visibili in ogni pollice cubico; dunque $34560 \times 1,000,000 = 34,560$ milioni numero delle parti visibili, nelle quali resta divisa un'oncia d'acqua.

un Artefice dividere in 500 mila parti visibili ad occhio nudo. E' tale la sottigliezza a cui si riducono coteste foglie, che quantunque se ne ponessero 124 mila e 500 l'una sopra l'altra, e quindi si comprimessero fortemente, non formerebbero una grossezza maggiore di un pollice (1).

12. Il risultato de' due fatti rapportati in ultimo luogo si renderà veramente prodigioso mercè la semplice ispezione del coltello spirale di Cumming. E' questo uno strumento atro a dividere i piccioli ramuscelli o virgulti di qualunque pianta in lamine trasversali finissime, talchè rendansi del tutto trasparenti, e da potersene scorgere la tessitura col mezzo del Microscopio. Chi volesse acquisirarne l'idea, volga lo sguardo alla Fig. 1. gura prima della Tavola III, ove lo vedrà rappresentato da A B ch'è propriamente un cilindro di avorio di circa 4 pollici di lunghezza, e di tre pollici di diametro. Il coltello spirale C D di finissimo acciaio giace sul piano superiore E E di esso cilindro, sul cui mezzo essendo egli fissato mediante un pernio, si può liberamente girare per via del manubrio F. La cavità triangolare G è atta a ricevere un picciolo virgulto di legno I, che col mezzo della vite M si assoda nella situazione in cui dee rimanere; e la cui base appoggiata sulla cima superiore d'una vite H, internata nella mentovata cavità G, può essere abbassata ovvero rialzata mercè il movimento di cotal vite. Adattato che sia il virgulto che vuolsi tagliare nella cavità triangolare G, un solo giro del coltello spirale lo reciderà in modo, che porrà la sua superficie esattamente allo stesso livello del piano di avorio E E. Or vuolsi sapere, che la vite H fa qui l'ufficio di Micrometro; vale a dire che nell'atto, che

Tav. III.
Fig. 1.

(1) Se dunque 124 mila e 500 di queste foglie poste l'una sopra l'altra arrivano a fare appena la grossezza d' un pollice, ne viene per diretta conseguenza, che la lunghezza d' un pollice resta attualmente divisa in 124 mila e 500 parti senza calcolar gl' intervalli.

che solleva insensibilmente in alto il virgulto anzidetto, è guernita dell'indice X, il quale dimostra di quante centesime oppur millesime parti di pollice lo innalza al disopra del piano EE, sicchè poi mediante il giro del coltello spirale, come si è detto, se ne possa recidere una fettolina di quella determinata sottigliezza, rappresentata qui dalla lettera K secondo che apparisce nel Microscopio. Il coltello, di cui mi servo ne' miei esperimenti, divide la lunghezza di un pollice di qualunque legname in mille lamine diverse, o anche in numero minore da determinarsi mercè del Micrometro che gli è annesso: ma il signor Cumming me ne mostrò alcuni in Londra, che tagliavano fin la $\frac{1}{8000}$ parte di un pollice. Che però se in vece di supporre, che la lunghezza di un pollice può dividersi in 100 parti visibili ad occhio nudo, siccome abbiám supposto ne' fatti rammentati (§. 10 e 11), si finga divisibile in duemila particelle, siccome si può in fatti praticare; si troverà, che il grano d'oro si può attualmente dividere in 200 milioni di parti visibili (1), e il pollice cubico di acqua in assai più di 200 bilioni di particelle, riducendo il calcolo a numeri rotondi (2).

13. I curiosi e diligenti osservatori delle cose naturali sono giunti a scoprire mercè l'aiuto di ottimi Microscopj, che una fibra muscolare, larga $\frac{1}{2}$ di pollice ossia mezza linea, si può facilmente dividere in 600 fibrelline, ciascheduna delle quali è capace di esser separata per via di ulterior diligenza e fatica in altre 300: che

(1) Poichè invece di fare il quadrato di 100, facendo quello di 2,000, si troverà che ogni pollice quadrato si può dividere in 4 milioni di parti, le quali moltiplicate per 50 danno 200 milioni.

(2) Si faccia il cubo di 2000 (in vece di quello di 100) e si avranno $2000 \times 2000 \times 2000 = 8000$ milioni di particelle contenute in ogni pollice cubico. Si moltiplichino questo numero per 34560, e si avranno (considerando al solito come tanti zeri tutte le cifre fuorchè la prima) le 200 bilioni di parti.

che val quanto dire, che in una fibra larga mezza linea se ne possono francamente ravvisare altre 180 mila assai più delicate e minute, e quindi 4 milioni 320 mila in una fibra muscolare della larghezza di 12 linee o vogliamo dire di un pollice (1). Considerando poi, che ciascheduna di tali fibrelline aver dee delle cavità e de' canali appropriati a ricevere l'umore che la nutrisce, chi non vede quanto più esile esser dee il diametro di siffatti canali; e quanto ancora più minuto quello delle particelle de' fluidi che vi debbono scorrer per dentro! Ed in fatti i due celebri osservatori microscopici Leeuwenhoek e Jurin convengono nell'affermare in conseguenza delle più accurate osservazioni, che il diametro d'una delle particelle rosse del sangue umano non uguaglia se non se $\frac{1}{15} \frac{1}{8}$ della lunghezza d'un pollice, e che se ne richiederebbero 25 mila per uguagliare in grossezza un granello di sabbia. Che però s'egli è certo, che per avere la superficie d'una delle facce quadrate d'un cubo convien moltiplicare un de' suoi lati per se stesso; e quindi la detta superficie già ritrovata pel lato medesimo per ottenerne la solidità, essendo necessario a tenore delle misure testè dichiarate di porre in serie 1940 particelle di sangue per formare la lunghezza d'un pollice; dee necessariamente seguirne, che un cubo d'un pollice di diametro sarebbe capace di contenere 7301 milione 384 mila particelle di sangue (2). Or chi mai oserà di cimentare le forze del suo spirito per poter rappresentare alla sua immaginazione l'immenso numero di parti ch'esistono realmente in tutt'i muscoli, i nervi, le membrane, le ossa del corpo d'un uomo, ugualmente che negli umori ond'essi ricevono o vita e

nu-

(1) Poichè, se mezza linea contiene 180 mila parti, per avere il numero delle parti che contiene un pollice, ch'è uguale a 12 linee, o a 14 metà di linea, conviene moltiplicare 180 mila per 24, il cui prodotto darà appunto 4 milioni 320 mila.

(2) Essendo $1940 \times 1940 \times 1940 = 7,301,384,000$.

nudrimento? Oh che abisso di confusione! qual vasto pelago di meraviglie!

14. Egli è similmente noto per via di osservazioni praticate colla massima accuratezza, che un bozzolo di filugello formato, come ognun sa, da una sostanza glutinosa, che passando per una specie di doppia filiera collocata sotto la bocca del baco acquista poi col contatto dell'aria la consistenza della seta, si può agevolmente svolgere per trarne un filo della lunghezza di circa mille piedi (che riescono poscia effettivamente duemila per essere il filo naturalmente raddoppiato) e del peso di due grani e mezzo. Che però quand' anche non si volesse tener conto della sua larghezza, la quale è certamente divisibile in più parti, pure assegnando a ciascun pollice di esso duemila particelle (§. 12.) si troverà di potersi egli realmente dividere in 48 milioni di parti (1), non ostante che il suo peso non superi due grani e mezzo, come si è già dichiarato. Che direm poi di que' finissimi fili formati dall'umor glutinoso, solito a scaturire da' cinque differenti capezzoli collocati nella coda di un ragno adulto, e da' quali poscia condensati al contatto dell'aria formasi un filo dell'ordinaria lor tela? Rapporta Leeuwenhoek d'esser egli no dilicati a segno, che se ne richiederebbero diecimila per uguagliar la grossezza d'un pelo della sua barba. Soggiugne quindi di aver rilevato ulteriormente per via di calcoli, che per uguagliar la grossezza d'un solo de' mentovati fili, converrebbe unire insieme in un fascio 400 di quelli che vengon filati d'ordinario da' ragni giovinetti; dal che chiaramente si deduce, che farebbe mestieri di affardellare quattro milioni di cotesti fili per poter uguagliare la doppiezza d'un solo pelo (2).

15.

(1) Riducete i 1000 piedi in pollici moltiplicandoli per 12, ed avrete 12000 pollici; e poichè il filo è doppio, saranno invece 24,000; ma ogni pollice può dividersi in 1,000 parti; dunque $24000 \times 1000 = 24,000,000$ di parti nelle quali può realmente dividersi il detto filo.

(2) Come abbiamo fatto alla nota 1 §. 11, si può dunque conchiu-

15. V^o ha una specie di fungo, detto da Linneo *Lyoperdon Bovista*, il quale essendo conformato a guisa d'una palla, contiene in se una grandissima copia di finissima polve, leggera qual fumo, e molto simigliante anche nel colore al tabacco di Spagna. Osservata col Microscopio, scorgesi essere un aggregato di globetti di color d'arancio esili al segno, che il loro diametro non oltrepassa $\frac{1}{8}$ del diametro d'un capello; ond'è che un cubo, la cui larghezza adeguasse il diametro d'un sol capello, sarebbe capace di contenerne 125 mila (1).

16. Finalmente tralasciando di rapportare qui un gran numero di sperimenti praticati da Boyle, Leeuwenhoek, Keill, ed altri che chiaramente dimostrano la verità di cui si ragiona, mi contenterò di dire, che la medesima vien provata ad evidenza da quelle tali sostanze, quali sarebbero il muschio, l'ambra grigia, l'assa fetida, ed altre simiglianti, da cui esala una quantità di particelle odorose così immensa, che giugne ad infettare vasti edifizi per lo spazio di più anni, senza che quelle scemino per avventura sensibilmente di peso. Oltre a che un granello di rame, che sciolto nello spirito di sale ammoniaco tinge sensibilmente di color blu 28434 grani d'acqua, ci fa scorgere mercè di un calcolo agevolissimo d'essersi egli diviso in 100 milioni di parti visibili (2).

Qual

chiudere che una grossezza eguale a quella d'un pelo della barba d'un ragno si può dividere in 4 milioni di parti, poichè questo numero di parti fatte in un fascio equivale a detta grossezza.

(1) Perchè $50 \times 50 \times 50 = 125,000$.

(2) Si sa dagli sperimenti del Boyle, che il peso d'un grano d'acqua è uguale a $\frac{37}{10,000}$ parti d'un pollice cubico; si troverà dunque il

numero dei pollici cubici che equivalerà a 28434 grani d'acqua con questa analogia $1 : \frac{37}{10,000} :: 28434 : x = \frac{37 \times 28434}{10000} = 105 + \frac{2058}{10,000}$.

Dunque detti grani contengono 100 pollici cubici incirca (prendendo

nn

Qual enorme picciolezza non doveano avere le particelle componenti i piccioli vasellini di quegli esilissimi insetti osservati col Microscopio dal diligente Leeuwenhoek, più milioni de' quali uniti insieme appena uguagliavano un granello di sabbia!

17. Il giugner tant'oltre nell'esame di una tal questione dee certamente soddisfare un Fisico che non cerca di sapere altre verità d'ordine naturale, se non quelle che gli vengono suggerite da' fatti, senza cercar poi di rintracciare coll'immaginazione quali sieno i primi componenti de' corpi, e se i medesimi sieno o no capaci di esser divisi; conciossiachè siffatte ricerche superando del tutto le forze del nostro intelletto, ci fan perdere in vano il tempo e la fatica, per esser finalmente abbandonati in una insuperabile oscurità. E a dir vero, chi non riderebbe in iscorgere il gran Renato delle Carte porre a tortura il suo cervello per istabilire quali sieno i primi elementi de' corpi, e come sia stato da quelli composto l'Universo, quasi ch'egli s'atto a fianco dell'Altissimo ne' giorni della stupenda Creazione? Immagina egli, che ad un immenso masso di materia omogenea, creata e divisa dalla mano dell'Onnipotente in tanti piccioli cubi, si fosse comunicato un violento moto dalla mano medesima, per cui anche ciascuno di essi cominciasse a rivolgersi intorno al proprio centro; e che per virtù dell'enorme fregamento, che siffatti cubi dovettero soffrire nel loro particolar movimento, si dovettero per necessità rompere e stritolare i loro angoli e quindi ritondarsi. Da cotesti cubi ritondati, dalla ma-

te-

un numero rotondo, e trascurando il rotto); ma per le cose dette, ogni pollice cubico può dividersi in parti visibili 1,000,000; dunque $1,000,000 \times 100 = 100$ milioni saranno le parti visibili contenute in 28434 grani d'acqua, cioè, in 100 milioni di parti sarà restato diviso il granello di rame. Se si fosse supposto il pollice diviso in 2,000 parti, e si fosse fatto lo stesso calcolo, si sarebbe trovato che il detto granello di rame potrebbe dividersi in 800 mila milioni di parti.

teria che risultò da'frantumi de'loro angoli, e da un certo finissimo polverlo che dovè naturalmente generarsi nell'atto del fregamento, suppone egli che fosse stato formato l'Universo: dimodochè i frantumi degli angoli, ossia la materia del terzo elemento, per esser fra tutte la più greve, passò a formare la Terra, i Pianeti, e i rimanenti corpi opachi; e quella del secondo elemento, o vogliam dire le parti ritondate, più uniformi, e diafane, vennero ad occupare il luogo dell'atmosfera che fu da esse prodotta, e la cerulea volta del cielo; destinando il primo elemento ossia la materia massimamente delicata, attiva, e sottile (tratta soprattutto nel mezzo dell'immenso vortice) alla formazione del Sole e della portentosa serie de'corpi luminosi, a riempire tutt'i voti, ed a fare tutti quei miracoli cui avrem motivo di rapportare in altro luogo più a proposito. Chi non si avvede altro non esser questo, che un ingegnosissimo ritrovato, il quale ha tutta l'aria d'un romanzo filosofico? L'oggetto del buon Fisico non è quello di formare il Mondo, ma soltanto di esaminare i fenomeni e le leggi ond'esso è governato (1).

18. Rivolgendo lo sguardo all'immensa serie de'corpi contenuti nell'Universo, non v'è cosa più ovvia e naturale quanto il credere d'esser ciascheduno di essi composto del suo particolar genere di materia, non iscorrendosi la menoma simiglianza, per esempio, tra le particelle del ferro, dell'acqua, del legno, delle pietre, del fuoco, e così di mano in mano: tuttavolta però

VO-

(1) Il Fisico deve spiegare le proprietà dei corpi col mezzo dei tre noti principj del moto, derivati dai fenomeni e dagli sperimenti, e quindi calcolarne gli effetti senza perdersi dietro alla ricerca delle cause, delle quali è impossibile il definire il numero, la natura, e l'influenza di ciascheduna rapporto ad un dato effetto, senza dar luogo a pure invenzioni di fantasia, tanto pregiudicevoli ai progressi di questo genere di studj; e perciò nella spiegazione delle cose naturali non si debbono ammettere altre cause che quella che sono reali, e sono sufficienti per spiegarle.

volendo entrare un poco nell'esame di un tal punto colla guida de' fatti e degli sperimenti, si troveranno forti ragioni da poter sospettare esser la materia omogenea in tutt' i corpi, sì solidi che fluidi; e che la loro pressochè infinita diversità nasce unicamente dalla differente grandezza de' primi componenti, dalla varia maniera onde siffatta materia trovasi modificata, dalla configurazione varia delle parti di ciascun corpo, dal diverso grado di coerenza onde mantengonsi insieme unite, e da altre qualità di simigliante natura. V'han cose più differenti, per modo di esempio, quanto l'acqua e le piante? E pure non v'ha dubbio, che l'acqua onde le piante s'innaffiano, convertesi alla giornata in radici, tronchi, rami, foglie, pedicelli, fiori, e frutti d'infinita varietà in quanto alla consistenza, alla struttura, al sapore ec., senza rammentare il meraviglioso numero delle parti onde ciascheduna delle anzidette viene ad esser composta. Di fatti se prendiamo il semplice fiore, qual diversità non si ravvisa tra il pedicello, il calice, la corolla, il pistillo, gli stami, le antere, i nettarij, il pericarpio, che son tutte parti che lo costituiscono? E cotesta sensibilissima diversità crescerà viemaggiormente se vogliansi paragonare insieme i fiori, le foglie, i frutti, le radici ec. delle varie piante. Questa ricerca può portarsi anche più oltre; ed a misura che diviene più meravigliosa, accresce forza all'argomento di cui qui si ragiona. Un uomo che non si nudrisse d'altro, se non se di piante e de' loro prodotti, avrebbe senza dubbio un sufficiente nutrimento, atto a rinfrancare le forze della vita, a mantenere ed a far crescere le parti ond'è formata la sua macchina; ralmentechè quelle tali piante e i loro prodotti si convertirebbero nel tempo stesso in muscoli, in tendini, legamenti, cartilagini, membrane, ossa, nervi, arterie, vene, sangue, e quindi in parti organiche composte di un immenso numero di parti differenti, cui troppo lungo sarebbe il rammentare. Sicchè, per dire il tutto in

Tom. I.

B

bre-

breve, la sostanza delle piante si convertirebbe in macchina umana: così di fatti addiviene in moltissimi animali che cibansi soltanto di vegetabili (1). E siccome abbiamo osservato, che le piante vengono sviluppate ed accresciute dall'acqua, così può dirsi senza tema di errare, che l'acqua e ciò ch'essa contiene, si trasformerebbe in corpo di un uomo. Per quanto portentoso ed incredibile possa ciò sembrare a primo lancio, è per altro un fatto evidentissimo. Un arboscello di salcio, del peso di 5 libbre, messo da Vanhelmont dentro di un vaso pieno di terra fatta seccar nel forno, e chiuso in maniera che non vi si potea introdurre verun'altra sostanza, essendosi fatto da lui innaffiare con semplice acqua piovana, crebbe nello spazio di 5 anni a segno tale, che pesava 169 libbre e tre once, senza che il peso della terra si fosse scemato più di due once. E' chiaro dunque, che siffatto accrescimento erasi prodotto dall'acqua e da particelle vaporose assorbite dall'aria per via delle foglie: e quantunque non si possa negare d'esserci nell'acqua piovana particelle terree, oleose, saline, spiritose, e d'altra simil natura, e che gli alberi e le piante come da una parte traspirano moltissimo per mezzo delle foglie, così hanno nelle medesime degli organi adattati ad assorbire nella loro sostanza e per loro nutrimento una infinità di vapori e di particelle straniere galleggianti continuamente nell'aria; egli è certo benanche non doversi attribuire a quelle soltanto il mentovato accrescimento. E quand' anche fosse vero il contrario, pure ciò proverebbe che le particelle oleose, saline,

(1) Come gli uomini si nutrono quasi d'ogni sorta d'animali e di vegetabili; così si può dire in generale, che tutti gli animali e vegetabili si convertono o possono convertirsi in macchina umana. E s'è vero (come pretendono i moderni Anatomici) che i frutti sieno il cibo più naturale dell'uomo, e più atto per mantenerlo sano e robusto, e d'una lunga vita; convien dire che la sostanza dei frutti sia più adattata delle altre per cambiarsi in macchina umana.

line, spiritose, ec. si sarebbero convertite in piante, e quindi nel corpo di un uomo; e che gli stessi elementi appiattati nel sen della terra, ovvero sparsi per entro all'atmosfera, combinati e preparati in varie guise, fanno brillar la rosa per la vaghezza del suo colore e la soavità de' suoi profumi, il giglio pel suo candore, le frutta di varie sorte pel vario loro squisito sapore, e rendono detestabile il nappello e la cicuta a cagion del loro mortifero veleno.

19. Considerate un poco le metamorfosi a cui è soggetta una mosca, una farfalla, una pulce. Aggomitolato l'embrione di questa entro un vaghissimo uovo, candido e levigato al par dell'avorio, vedesi poscia uscirne sotto la forma d'un rosso verme anellato, lungo, e vorace, il quale dopo d'essersi ben nudrito raggruppasi in nuova guisa, e si trasforma in crisalide, d'onde sbuccia finalmente in forma di pulce, guernita di dura e lucente scaglia di vago color d'oro, ed ornata d'ispidi peli, di gambe lunghe ed elastiche al par d'una molla d'acciaio, di corna articolate, e di robusto pungiglione, onde ci trafora la pelle per succhiarne il sangue che la nutrice. Il rozzo embrione della mosca sbucciando dall'uovo, allogato soventi volte entro a un mucchio di schifoso sucidume, prende la forma d'un bianco verme, qual è appunto quello del cacio, per servire in grossi bulicami di delizioso cibo alla sucida ingordigia di taluni; e dopo d'essersi cangiato in crisalide, diviene in ultimo una mosca, i cui occhi assai più numerosi di quelli di Argo, e simiglianti ai più preziosi rubini, la cui proboscide emula di quella dell'elefante, ma assai più abbellita ed artificiosa, i cui vaghissimi pennacchi, le cui ale mirabilmente intessute di finissima rete, le cui parti in somma destano l'ammirazione del curioso Naturalista, arrecandogli nel tempo stesso un soave diletto. Le uova d'una farfalla, che fanno a gara talvolta colle più lucide perle d'Oriente, schiudonsi bene spesso in luridi bruchi, i quali armati d'irsuto pelo e di mascelle ra-

glienti a foggia di tanaglie, veggonsi strisciar sulla terra con moto vermicolare. Cangiati poscia in crisalide di singolare e strana forma, svestonsi finalmente delle loro luride spoglie, e ritornano a far nuovamente la loro comparsa sul teatro della Natura, sotto colori così variati e vistosi, sotto la forma d'una farfalla così vaga e delicata, che costituisce il più bell'ornamento de' giardini e de' prati. « Donde mai son prodotti cangiamenti così portentosi, se non se da nuove modificazioni della stessa materia, atta sempre a ricever nuove forme, senza però alterar giammai la sua intrinseca natura?

10. Oltrechè quante diverse cose non vengono formate dall'arte mercè la differente configurazione e la combinazione diversa degli stessi materiali? Un rozzo masso di marmo vien convertito da un artefice in un pilastro, da un altro in una vasca, da questo in una colonna migliaria, e tra le mani di un perito scultore vien trasformato in una bellissima Venere che fa il più gran pregio della Galleria Medicea. Una pianta di lino o di canape vien ridotta in filo e quindi in tela, la quale essendo macerata nell'acqua, forma la carta, che non ha nulla di simile colla pianta. I bioccoli di lana, che tra le mani di una donnicciuola vengono convertiti in calze ed in berrette, dall'industrie mano del tessitore vengono ridotti in panno che pur si adatta a diversi usi: e così si ragioni d'altri simiglianti generi di mestieri e di manifatture. Ciò posto, sembra ragionevolissimo il dedurre, che quantunque la materia de' corpi comparisca diversa in ciascheduno di essi, pure i primi elementi ond'eglino son composti, debbono riputarsi omogenei; e che l'apparente loro diversità nasce soltanto dalla varia loro modificazione e dalle altre cagioni indicate di sopra (§. 18). Con ugual grado di verisimiglianza puossi supporre esser cotesti elementi, per un saggio provvedimento del Sovrano Creatore, estremamente duri e del tutto inalterabili per forza di esseri creati; e quindi non esserci alcun mezzo da potersi da noi

noi variare le intrinseche proprietà de' corpi, siccome han taluni scioccamente immaginato, per non render la natura delle cose soggetta a cambiamenti, e per serbare così l'ordine e le leggi da essolui stabilite per la perenne conservazione dell' Universo.

21. La fin qui dichiarata universale omogeneità della materia, seconda e facilita le mire della Sovrana Provvidenza, la quale avendo stabilito, che nulla si distruggesse di ciò ch'esiste in Natura, ha fatto sì che il tutto soggetto fosse ad un perpetuo ed ammirabile cangiamento; disortachè qualor ci sembra, che le create cose vadansi a logorare e riducansi in nulla in forza delle naturali vicende, altro non succede se non se un puro scomponimento delle loro parti, le quali passan poi a costituire sotto nuova forma altre materiali sostanze; avverandosi in ciò l'antico detto della Peripatetica scuola, cioè a dire che la corruzione d'una cosa cagiona quindi la generazione di un'altra. Così il Regno minerale contribuisce sensibilmente alla conservazione ed all'accrescimento del Regno vegetabile, e questo alla sussistenza ed al buon essere del Regno animale; e così ancora legansi meravigliosamente insieme tutti gli esseri creati nell'ordine di Natura alla guisa di tanti anelli d'una lunghissima catena, di cui gli uni sono dipendenti dagli altri; e quei che sembrano i più disgiunti per cagione della loro lontananza, possono agevolmente congiungersi quando l'uopo il richiegga, senza che ne segua perciò il menomo sconcerto. Dal che ne risulta poscia un tutto armonico e regolare, ad onta dell'apparente diversità e contrasto de' suoi elementi.

ARTICOLO III.

*Della Porosità de' Corpi, e quindi della
loro Densità.*

22. **E**ssendo i corpi composti di un prodigioso numero di piccole particelle, ed essendo queste di diversa figura e combinate in diverse guise; ne siegue, che non tutte le loro parti esser possono in contatto le une colle altre. Quindi ognuno chiaramente si avvede, che in ogni corpo vi debbono rimanere degl' intervalli in gran numero, frapposti tra le sue particelle, nella guisa appunto che scorger si suole in un mucchio di palline, di grani di miglio, o d'altre simili sostanze gettate alla rinfusa dentro un panier. A siffatti interstizj si dà il nome di *pore*; ond' è, che può dirsi non esservi alcun corpo in Natura il quale non sia poroso: e questa porosità è considerabile a segno, da non potersi agevolmente immaginare da coloro che non l'abbiano seriamente esaminata per via di fatti. Qualunque corpo è rappresentato alla guisa di una spugna all'immaginazione di un Fisico.

23. Prendete le sostanze le più dure, senza eccettuarne l'oro ch'è il più consistente di tutt'i metalli; esponetele al fuoco; e vedrete che ne saranno penetrate a segno, che concepiranno un gran calore in tutta la loro massa: e se il fuoco sarà violento, opererà con tanta forza nella massa medesima, che internandosi tra le varie particelle di quella, e facendo quivi le veci di cuneo, supererà la forza della loro naturale coerenza; e separando le une dalle altre, le ridurrà nello stato di fusione oppur di scioglimento. La qual cosa non potrebbe in alcun modo avvenire, se non ci fossero in que' tali corpi innumerabili pori ne' quali il fuoco si possa internare.

24. La

24. La dilatazione de' metalli col mezzo del calore, e il lorò restringimento in forza del freddo, ci somministrano una prova evidentissima della porosità de' corpi. Facciamo uso del Pirometro (di cui darem la figura e la descrizione nel seguito di quest'Opera, qualora tratterassi del fuoco); e ne resteremo convinti in un modo sensibilissimo. Applichiamo a questo strumento una barra metallica, qual sarebbe per esempio una barra di ferro di una determinata e conosciuta lunghezza. Tostochè le si approssima la fiamma de' lucignoli imbevuti di acquavite, scorgesi dal moto dell'indice, che la barra s'incomincia ad allungare; ed una tal dilatazione si aumenta a misura che il calore si accresce col continuare ad agire. Segno evidentissimo, che vi sono moltissimi interstizj voti nell' intera massa della barra di ferro, ne quali internandosi il fuoco, sforza le particelle del ferro ad allontanarsi l'una dall'altra: ed un tal effetto sarà prodotto ugualmente, facendosi uso di altre barre di qualsivoglia metallo.

25. Non solamente il calor della fiamma, ma quello eziandio che regna nell'aria nelle differenti stagioni dell'anno, produce proporzionatamente lo stessissimo effetto. Giusta gli sperimenti del Signor de la Condamine, una tesa di ferro si allunga di $\frac{1}{7}$ di linea a ua di presso, a misura che il calore cresce di un grado nel Termometro di Reaumur; e si è più volte osservato, che una verga di ferro della lunghezza di tre piedi è più lunga in tempo di estate di $\frac{1}{5}$ di un pollice di quel ch' ella è in tempo d' inverno. Siffatta dilatazione è più o meno sensibile a norma della diversità de' metalli; e perciò trattandosi di prender misure colla massima esattezza possibile, o bisogna tener conto dell' indicata dilatazione, oppure convien sempre ridurre le misure che si adoperano alla medesima temperatura.

26. Quindi ne avviene, che gli oriuoli a pendolo e quei da tasca (quand' anche non ci fosse altra ragione) soffrono sempre della variazione nell' additare il tempo;

imperciocchè dilatandosi e restringendosi le ruote, i perni ec. mercè del caldo e del freddo della stagione, oppure del sito in cui trovansi riposti, deve per necessità accrescersi oppure scemarsi il fregamento delle parti, oltre ad allungarsi o ad accorciarsi il pendolo, e produrre in conseguenza della varietà nel movimento. Quindi, date le altre cose uguali, un oriuolo a pendolo od una mostra suol ritardare in tempo di estate per ragione di accrescersi lo sfregamento in virtù della dilatazione de' metalli, ed avanzare in tempo d'inverno per la ragione contraria. La varia influenza del caldo e del freddo produce similmente varj gradi di tensione nella spirale d'una mostra, la cui diversa forza determina la velocità del bilanciere. E se l'esattezza d'una mostra dipende dall'uguaglianza costante delle vibrazioni di contesto bilanciere, come mai possono quelle esser sempre uguali, qualor la forza che le anima, è soggetta a cambiamenti? Or quantunque l'alterazione nelle dimensioni de' metalli non si possa in verun modo impedire, dobbiamo però esser grati a quegli artefici che per via de' loro sforzi ingegnosi hanno inventato un particolar meccanismo per correggere gli errori, che vengono originari dalla mentovata cagione. Il pendolo astronomico della nostra R. Accademia militare, opera insigne del celebre Cumming, ugualmente che i pendoli e le mostre marine di Arnold e di Emery, godono di un siffatto vantaggio. Rettificate queste ultime con un pendolo astronomico, e quindi messe in una stufa e poscia nel ghiaccio, comechè il metallo si fosse alternativamente dilatato e ristretto, non soffrirono perciò la menoma variazione nell'additare il tempo esattamente. Monsieur le Roy, Ellicot, Harrison, ed altri Artefici insigni si sono parimente distinti per la costruzione di pendoli di simil natura.

27. La porosità de' metalli de' legni, e di altre durissime sostanze, può provarsi ugualmente riducendoli in lamine sottilissime, allorchè da opachi ch'erano, diven-

vengono trasparenti, dando così un libero passaggio alla luce. L'oro ed il rame ridotti in foglia, di cui facciamo uso comunemente per dorare, sono trasparenti all'eccesso; e se sieno riguardati con un Microscopio, presentano all'occhio una quantità di pori così immensa, che taluno li prenderebbe per una rete. I rami de' legni i più duri, segati col mezzo del coltello spirale di Cumming, in laminette della 2 millesima parte di un pollice (§. 12), rappresentano il tessuto di un merletto, e taluni un crivello od uno staccio. In un pezzo di sughero (che altro non è, siccome ognuno sa, che la corteccia d'un albero) furon contate, al dir di Hook nella sua *Micrographia*, 60 piccole cellette ordinate in fila nella lunghezza di $\frac{1}{8}$ di un pollice; cosicchè ve n'erano 1080 nella lunghezza d'un pollice, un milione 166 mila e 400 in un pollice quadrato, e 1259 milioni 712 mila in un pollice cubico (1). Oltrechè la gran porosità de' legnami si rileva chiaramente dall'imbever ch'essi fanno l'umidità molto facilmente. Ne risentiamo gli effetti di continuo ne' tempi umidi e piovosi, allorchè ci riesce assai malagevole di chiudere quelle porte o que' forzieri che chiudevansi agevolmente in tempi asciutti: tanto si aumenta il lor volume per l'imbevuta umidità! Quindi si scorge il vantaggio che recano ai legni le vernici, siccome quelle che vietano all'umidità dell'aria il potervisi internare. E' portentoso il numero de' pori esistenti anche in altre parti de' vegetabili. Su d'una picciola foglia di bosso fu-

(1) Poichè 60 cellette si contano messe in fila in una diciottesima parte d'un pollice, è chiaro che $60 \times 18 = 1080$ sarà il numero delle cellette contenute in un pollice. Si moltiplichi questo numero per se stesso, e si troverà il numero delle cellette contenute in un pollice quadrato $= 1080 \times 1080 = 1,666,400$: si moltiplichi nuovamente questo ultimo numero per 1080 (il eh' è lo stesso che fare il cubo di 1080), e sarà $1,666,400 \times 1080 = 129$ milioni 712 mila il numero delle cellette contenute in un pollice cubico.

furon contati da Leeuwenhoek 344 mila 180 pori, cioè a dire 172 mila e 90 in una faccia, ed altrettanti che si dovea ragionevolmente supporre esservi sull'altra. Questa è la via per cui le piante traspirano moltissimo, ed assorbono entro alla loro organizzazione quelle tali particelle, ch'essendo sparse nell'aria in gran dovizia, sono atte a nudrirle; ond'è poi, che un albero spogliato intempestivamente delle sue foglie o produce frutti di cattiva qualità, oppur perisce.

28. Versate dello spirito di vino, imbevuto di qualche colore, su d'un pezzo di marmo il più duro riscaldato a sufficienza; e troverete a capo di qualche tempo d'essersi quello internato talmente entro alla sostanza del marmo, che anche segato questo in più tavole, vedrassi tinto dappertutto dello stesso colore. L'ingegnossissimo Principe di Sansevero s'è felicemente servito di un tal metodo per dare a' marmi de' vaghi colori artificiali (1). Gli smeraldi, i rubini, i topazi, e finanche i diamanti che sono i più duri tra le pietre preziose, convien che abbiano un numero indicibile di pori, poichè la loro sostanza vien liberamente attraversata da' raggi della luce.

29. Il mercurio stesso, ch'è il più denso di tutt' i fluidi, è provveduto de' suoi pori. Per rimanerne convinti, non avete a far altro, se non se prendere un buon
Ter-

(1) Nelle Transazioni Filosofiche della Reale Società di Londra, compilata dal sig. Gibelin (che attualmente si offrono all'Italia per mezzo della nuova Veneta Tipografia) havvi una Memoria n. 7. anno 1665, nella quale si parla d'un metodo per colorire il marmo con un certo liquore in maniera che il detto liquore penetri talmente ne' suoi pori, che un oggetto dipinto sopra la sua superficie si trovi egualmente delineato in tutte le parti interne del marmo, tagliandolo in piani paralleli alla sua superficie. Se vuoi si prestar fede a questa Memoria, v'è ragione di credere che il marmo non solo sia estremamente poroso, ma che i suoi pori si corrispondano perfettamente e con ordine per tutta la sua grossezza.

Termometro, ed applicare la vostra mano sulla palla di quello. Scorgerete in breve spazio di tempo, che la colonna del mercurio comincerà ad inalzarsi sensibilmente, e sarà portata ad un'altezza proporzionale alla forza espansiva del calore che s'interna ne' suoi pori.

30. Chi crederebbe esservi un'infinità di pori nella carta, che comparisce all'occhio di aver la superficie non interrotta ed unita? Lasciando da parte il riflettere, che i liquidi ci passano per lo traverso senza lacerarla, deduciamone una prova luminosissima dal seguente sperimento. Prendasi un poco d'inchiostro simpatico, ch'è un liquido trasparente e simile all'acqua, formato da una semplice soluzione di sal di Saturno ovver di litargirio nell'aceto; e scrivasi con esso su di un pezzo di carta bianca. Pongasi questo (dopo che l'inchiostro sia bene asciutto, e i caratteri sien divenuti invisibili) tra il cartone e la prima pagina di un libro voluminoso: indi si metta un altro pezzo di semplice carta, imbevuto di un'altra soluzione fatta con calce ed orpimento, tra l'ultima pagina del detto libro e il suo cartone corrispondente. Se chiuso il libro in tal modo, andrassi poi ad aprire a capo di pochi minuti, si troverà che il liquore della seconda carta, essendo passato a traverso di tutto il libro; sarà andato a colorire le lettere scritte sulla prima, ch'erano, siccome si è detto, del tutto invisibili: e poichè le carte del libro non ne sono in alcun modo danneggiate per virtù di siffatta operazione, uopo è conchiudere esservi nella carta un numero grandissimo di pori, talchè riguardar si dee alla guisa di una rete, pel cui traverso uno de' mentovati liquori sia stato attratto dall'altro.

31. Non v'ha cosa più facile quanto il moltiplicar le prove di questa verità, facendo uso della Macchina Pneumatica. Prendasi una specie di coppa, fatta di legno duro, e il cui fondo sia formato da un cilindro di legno di quercia, il quale sporga per alcuni pollici verso giù. Si applichi il fondo di cotesto vasellino sulla cima aper-

ta di un recipiente, e si riempia di mercurio. Tostochè si è fatto il voto nel recipiente mercè l'estrazione dell'aria, il mercurio contenuto nella coppa essendo fortemente ~~premo~~ dall'aria esteriore, e non incontrando dentro del recipiente alcuna resistenza, si fa strada a traverso de' pori del legno di quercia, che sono naturalmente disposti in linea retta, e scappando fuori in innumerabili zampilli, forma in quello spazio voto una vaghissima pioggia di argento.

32. Pongasi nell'anzidetto recipiente un bicchiere con acqua, e vi si lasci un uovo tuffato al di dentro. In cominciarsi a fare il voto, l'aria contenuta nell'interno dell'uovo non ritrovando al di fuori alcun ostacolo, scapperà pei pori della scorza un grandissimo numero di bolle, le quali succedendosi velocemente l'una all'altra, compariranno sotto la forma di vaghissimi zampilli. Esponendo sotto del recipiente nella guisa medesima qualunque altro corpo solido, si avranno presso a poco i medesimi risultati.

33. Per ciò che riguarda i corpi animati, la grande loro porosità rilevasi ad evidenza dalla considerabile quantità di sudore e d'insensibile traspirazione che da ogni parte nella cute di quelli costantemente esala. L'acqua iniettata nell'arteria aorta di un tenero fanciullino, scorgesi agevolmente trasudare da ciascun punto della sua cute. Fa stupore il riflettere, seguendo le osservazioni microscopiche di Leeuwenhoek, che nella lunghezza d'una linea della nostra cute scoprir si possono agevolmente 120 forellini o pori che dir si vogliano; cosicchè ve ne saranno 1440 nella lunghezza d'un pollice, e quindi 2 milioni 73 mila e 600 in un pollice quadrato. Or essendovi 144 pollici quadrati in una superficie di un piede; moltiplicando 2073600 per 144, il prodotto 298 milioni 598 mila e 400 esprimerà il numero de' pori contenuti in un sol piede quadrato della nostra cute (1), la quale è coperta dappertutto di squame

(1) Il calcolo è simile a quello del § 27.

me di figura pentagona, di una tal finezza, che a tenore delle osservazioni praticate un solo granello di arena potrebbe ricoprirne 200. Sono elleno disposte alla guisa delle squame de' pesci, affaldellate però a tre a tre l'una sull'altra, e servono come di scudo a' mentovati pori, de' quali ve n'è un grandissimo numero sotto di ciascheduna. E farà poi meraviglia, che il nostro corpo, guornito in siffatta guisa e dappertutto d'un sì immenso numero di forellini, di cui altri metton capo entro all'esilissime boccucce delle arterie che portano il sangue dal cuore alle parti estreme, ed altri nelle boccucce delle vene destinate a condur il sangue dalle parti estreme verso del cuore, rendasi atto a scaricarsi pe' primi degli umori superflui sotto la forma d'insensibile traspirazione (che giusta le osservazioni del celebre Santorio giugne ne' nostri climi d'Italia fino a cinque libbre al giorno), e ad assorbire pe' secondi una doviziosa copia di ciò che si aggira nell'aria, la cui cattiva indole, infettando talvolta i varj umori del corpo, è poderosa sorgente di fatali disordini e di costituzioni sterminatrici e ferali?

34. Ponete del mercurio entro a un pezzo di pelle di cervo, di agnello, di cane, o d'altro animale, già preparata; e poscia premetela fra le dita. La facilità grandissima onde il mercurio la trapasserà dappertutto, spiccandone fuori a guisa di pioggia, oppur di acqua che sia gettata dentro un crivello, sarà un'altra prova manifestissima della notabile porosità della pelle degli animali.

35. Comechè sia evidentissimo esservi in ogni corpo un grandissimo numero di pori, non è da credersi però esser tutt'i corpi ugualmente porosi. Ve n'ha di quelli, le cui parti componenti sono conformate in modo ed hanno un tal grado di naturale coerenza, che combaciandosi in più punti, lasciano per conseguenza un minor numero di spazj voti di quel che vi sia in altri, i cui elementi essendo di figura più irregolare e dotati di

di minor forza di coesione, contengono siffatti voti in grandissima copia . Dunque la maggiore o minore abbondanza di cotesti interstizj fa che diversi corpi contengano maggiore o minor quantità di materia sotto lo stesso volume, e quindi che sieno più o meno densi gli uni degli altri. L'oro dicesi più denso di qualunque altro metallo, perchè un pollice cubico d'oro contiene un minor numero di pori, e conseguentemente una maggiore quantità di materia di quel che si contiene in un pollice cubico di piombo, di ferro, di rame, ec. Ma poichè egli è cosa impossibile il sapere accuratamente la quantità de' pori esistenti in un corpo qualunque, ci si rende ignota per conseguenza l'esatta quantità di materia che in esso si contiene. Quindi siamo privi di mezzi da poter rilevare il peso assoluto de' corpi; e se diciamo, che questo pesa una libbra, e quello due, ciò deriva dall'averli paragonati col peso di un altro corpo, il quale si è ben anche rilevato dal rapporto con altri massi di materia; e così successivamente.

36. Due corpi, i quali avessero ugual densità in ugual volume, in se conterebbero la stessa quantità di materia; la quale per altro si aumenterebbe, se rimanendo le densità uguali, si accrescesse in uno di essi il volume, oppure se rimanendo in ambidue uguali i volumi, si venisse in uno ad aumentare la densità. Per la qual cosa la densità e il volume di un corpo qualunque riguardar si possono a guisa di due lati di un rettangolo; dimodochè moltiplicando l'una per l'altro, avrassi nel prodotto la quantità di materia in esso contenuta. Quindi le quantità di materia esistenti in due corpi, uno de' quali avesse la densità come 2 in un volume di quattro piedi, e l'altro avesse la densità come 3 in sei piedi di volume, sarebbero tra loro nella proporzione di 8 a 18, tali essendo i prodotti di 2 per 4 e di 3 per 6. Essendo nota d'altra parte la quantità di materia di un corpo, il quoziente della medesima divisa pel volume esprimerà la densità, non altrimenti che il quoziente della quan-

quantità della materia divisa per la densità renderà noto il volume. Uopo è tener fissi a memoria questi metodi pratici, siccome quelli che riusciranno di grand'uso nella dottrina del moto (1).

AR-

(1) Per intendere quanto si è detto e può dirsi su questo proposito, pongasi riflessione al seguente Teorema co' suoi Corollarj.

Teorema. *Le quantità di materia di due corpi sono in ragion composta delle loro densità e dei loro volumi.*

Dimostrazione. Sieno dati tre corpi A, B, C. Abbiano i due primi eguali volumi che chiamerò V, ed il volume del terzo sia v; abbiano pure il secondo ed il terzo egual densità ch'esprimerò per d, e quella del primo per D.

Poichè per ipotesi i corpi A e B hanno volumi eguali, le loro quantità di materia staranno come le loro densità, e perciò avremo A : B :: D : d, e poichè sono eguali le densità di B e C, sarà B : C :: V : v, cioè, come i loro volumi; dunque moltiplicando ogni termine della prima proporzione per il suo corrispondente della seconda, avremo (per le regole delle proporzioni) questa nuova analogia AB : BC :: DV : dv, e dividendo la prima ragione per B (il che non altera il suo valore) A : C :: DV : dv, cioè, le quantità di materia sono in ragion composta delle densità e dei volumi, come dovea dimostrarsi.

Cor. I Facendo il prodotto dei medj e degli estremi dell'ultima proporzione, avremo $A d v = C D V$ (per la 16. l. 6); dunque riducendo questa equazione nuovamente in proporzione, si avrà $v : V :: C D : A d$ (per la 34. l. 6-); ora si divida la seconda ragione per D d, e si

avrà $v : V :: \frac{C D}{d D} : \frac{A d}{d D}$, e cancellando le lettere eguali nei nu-

meratori e denominatori della seconda ragione, sarà $v : V :: \frac{C}{d} : \frac{A}{D}$

cioè i volumi saranno in ragion diretta della quantità di materia, ed in ragion reciproca della densità.

Cor. II Abbiamo (per il cor. 1) $A d v = C D V$; la qual equazione ridotta in proporzione ci dà $D : d :: A v : C V$, cioè le densità sono in ragion composta della diretta delle quantità di materia, e della inversa dei loro volumi.

Cor. III Se $A = C$ sarà $D V = d v$, e perciò $D : d :: v : V$; cioè, se due corpi hanno un'egual quantità di materia, le densità saranno in ragion inversa dei loro volumi.

A R T I C O L O I V .

Dello Spazio vuoto.

37. **L'**esistenza degli anzidetti innumerabili interstizj ne' varj corpi, che vi sono in Natura, ci somministra una fortissima prova per credere, che non tutte le parti dell'inmenso spazio mondano sieno piene, ma che ve n'ha parecchie del tutto prive di materia e conseguentemente vuote. E' questo un punto, su di cui si è lungamente e con infinito calore disputato nelle scuole; ed in fatti si troverà in un grandissimo imbarazzo chiunque vorrà decidere una tal quistione col mezzo di puri raziocinj, de' quali ne troverà parecchi di gran peso *pro* e *contra*: ma se vogliam procedere per la via delle osservazioni e dell'esperienza, ritroveremo delle prove evidentissime della testè mentovata proposizione. Affin di andar oltre con chiarezza, distingueremo coteste prove in tre rami, corrispondentemente ai tre fonti da cui ci vengono somministrati gli argomenti.

38.

Cor. IV Se $D = d$ sarà $A v = C V$, e perciò $A : C :: V : v$, cioè, se due corpi hanno egual densità, le loro quantità di materia saranno in ragion diretta dei volumi.

Cor. V Se $V = v$ sarà $A d = C D$, e perciò $A : C :: D : d$, cioè, se due corpi hanno egual volume, le loro quantità di materia saranno in ragion diretta delle densità.

Cor. VI Estendo le gravità ed i pesi proporzionali alle quantità di materia, chiamate G , g le gravità di due corpi, ed i loro pesi P , p , sarà $G : g :: P : p :: A : C :: D V : d v$ (per il Teorema); dunque sostituendo P , e p in luogo di A , e C nell'ultima formula del cor. I, si avrà $v : V :: \frac{P}{d} : \frac{P}{D}$, ovvero $v : V :: \frac{P}{d} : \frac{P}{D}$, cioè, i volumi saranno come i pesi divisi dalle loro densità. Regola di sommo uso nell'Idrostatica.

38. Dedurremo adunque il primo argomento dall'esistenza del moto, il quale non si potrebbe in alcun modo eseguire, se non vi fosse spazio voto in Natura. E a dir vero, altro non essendo il moto di un corpo se non se un passaggio ch'egli fa da un luogo in un altro, ciascuno chiaramente si avvede, che siffatto corpo nel primo istante che incomincia a muoversi, non potrà avanzare neppur di un capello, se i corpi che lo circondano, non gli cedano il lor luogo, cui il corpo che a muover s'incomincia, passar dee ad occupare: ed affinchè cotesti corpi circonvicini possano cedere il lor luogo, uopo è che ci sia dello spazio voto in cui si possano trasferire; non essendo possibile, attesa l'impenetrabilità della materia, che due corpi occupino il medesimo luogo nel tempo stesso. Or chi v'ha, che non concepisca non potersi tutto ciò eseguire nel caso che tutto lo spazio fosse perfettamente pieno, senza che vi sieno de' piccioli intervalli affatto privi di materia?

39. Il potere i corpi mercè la rarefazione e il condensamento occupare un maggiore o minor volume in varie circostanze, ci somministra un'altra prova dell'esistenza del voto. Abbiám veduto (§. 24), che l'accennata proprietà è comune anche a' metalli i più duri. Il modo, onde un corpo si dilata, è quello di accrescere la natural distanza delle particelle che lo compongono; laddove diminuendola, si condensa. Bisogna essere stupido per non accorgersi, che ci debbono rimanere moltissimi spazietti voti in un corpo, qualora distende il suo volume a segno tale, che giugne ad occupare uno spazio ch'è centinaia di volte, e talora anche migliaia di fiate, maggiore di quello che occupava nel suo stato naturale. I quali interstizj voti se mai non ci fossero, non potrebbe quel corpo restringersi di bel nuovo, e quindi occupare il picciolo spazio di prima.

40. Il vario peso di differenti corpi sotto lo stesso volume, ossia, per dirlo col linguaggio delle scuole,

la diversa loro gravità specifica, ci somministra un ultimo il terzo argomento. Sapresti dirmi perchè un pollice cubico di oro pesa più di un pollice cubico di ferro, e perchè questo pesa più di un pollice cubico di sughero? Ognuno sarà nello stato di rispondermi, che ciò nasce unicamente dall'esserci in un pollice cubico di oro maggior quantità di materia, e conseguentemente un minor numero di pori, ossia una minor quantità di spazio vuoto di quello che si contiene nel pollice cubico di ferro; nella guisa appunto, che il ferro in se contiene maggior quantità di materia, e per conseguenza meno di spazio vuoto che il sughero. Impacciocchè se la quantità di materia fosse uguale sì nel pollice cubico di oro che in quello di ferro; essendo la gravità del tutto proporzionale alla massa, sì l'oro che il ferro peserebbero ugualmente, e per la stessa ragione uguale sarebbe benanche il peso del sughero. Or per esservi in un pollice d'oro maggior quantità di materia che in un pollice di ferro oppur di sughero, è necessario che in questi ultimi si contenga una quantità maggiore di spazi vuoti, poichè il volume si suppone uguale. Sarebbe una conseguenza necessaria del pieno perfetto lo scorgere l'oro, l'argento, i marmi, e le sostanze le più gravi, galleggiar liberamente nell'aria a guisa di leggerissime piume, trovandosi equilibrato perfettamente con quella, per contenere la stessa quantità di materia nello stesso volume. Dunque non v'ha dubbio che il voto esista, qualor si badi seriamente alla diversa gravità specifica de' corpi.

41. Oltre ciò ricorriamo un poco alla Macchina Pneumatica; e non viuro che ne resterete pienamente convinti. Prendiamo prima di tutto due piccoli emisferi di ottone, rappresentati dalla Fig. 3, della Tav. V. e facciamoli combaciare in modo all'aria aperta, che uniti insieme vengano a formare un globo. Essendo in tale stato, una forza assai lieve basterà per disgiugnerli l'un dall'altro. Or bene, uniamoli di bel nuovo; e ponghiamoli sulla Mac-

Macchina Pneumatica, affin di estrarre l'aria di cotesto globo. Sapete che ne avverrà? Quegli emisferi, che poco fa avete disgiunti così agevolmente, dopo di averne estratta l'aria, avran bisogno di uno sforzo considerabile per poter essere separati; non per altra cagione, se non se pel voto praticato al di dentro. Questo fa sì, che non essendoci interiormente alcuna resistenza, le due colonne d'aria esteriore, che han per base cotesti emisferi, li premono a vicenda in direzioni contrarie con tutto il lor peso; il quale se non venga superato, non potranno essi disgiungersi come dianzi. Per lo contrario facendosi essi combaciare insieme all'aria libera, e conseguentemente non essendoci voto al di dentro, l'aria interiore controbilancia quella di fuori, e non vi è ragione per cui non si debbano separare l'un dall'altro.

42. Per quanto evidenti però sembrar possano siffatte ragioni ad un animo spregiudicato, non giungono a persuadere i Peripatetici, i quali credono che la Natura aborrisca il voto; come neppure i Cartesiani, che tratti da forza di sistema, ostinatamente sostengono esser tanto lungi che il voto esista, che non potrebbesi quello cagionare neppur per virtù della divina Onnipotenza. Imperciocchè essendo l'estensione secondo essi l'essenza del corpo (§. 4), si dovrà questo rinvenir dovunque quella si ritrova: che però deve necessariamente esserci del corpo ovunque esiste lo spazio. Quindi fan tosto uscire in campo la lor *materia sottile* (§. 17), la quale pretendono in primo luogo, che vada ad occupare con velocissimo moto tutti quegli spazi che si frappongono tra le varie particelle de' corpi, e che dovrebbero rimaner voti principalmente nella rarefazione di essi; 2.^a che dalla maggiore o minor quantità di siffatta materia esistente ne' corpi stessi nasce poi la differente loro gravità spaciata; e finalmente, che il moto si produce liberamente nel pieno per la cedevolezza della materia stessa da loro ideata.

43. Non merita la pena di rifiutare siffatte stranezze; bastando solo il riflettere, che l'esistenza di questa materia sottile è del tutto ipotetica, siccome abbiamo già osservato (§. 17); e poi, che la medesima essendo corpo, dev'esser dotata di resistenza, di peso, e di tutte quelle tali proprietà che competono ai corpi. Quindi sarà composta di parti, le quali, attesa la somma fluidità che i Cartesiani le attribuiscono, debbono essere sferiche, e conseguentemente toccar debbonsi in un punto. Ecco dunque degli spazi che dovranno restare necessariamente voti, anche ammessi i prodigi della materia sottile Cartesiana.

44. S'egli è chiaro, ch' esistono de' piccioli spazi voti sparsi qua e là nella tessitura de' varj corpi, ragionevol cosa è benanche l'immaginare, che vi sieno altri ampj spazi fuori della Terra, del tutto voti di materia; qual è, per esempio, quello in cui nuotano i corpi celesti. Imperciocchè per quanto sottile e delicato vogliasi concepire l'etere che riempier dovrebbe siffatto spazio, giusta il sentimento di alcui; non potendo quello esser altro che corpo, verrebbe a ritardare considerabilmente il moto delle Stelle e de' Pianeti, mercè la sua forza d'inerzia cui dovrebbero quelli superar perpetuamente. Cosa che ripugna ai fatti, ugualmente che alla ragione.

ARTICOLO V.

Della Forza d'Inerzia.

45. Vuolsi intendere per *Inerzia* la naturale *inattività* della materia, per cui vediamo alla giornata, che non può ella da se mettersi in moto quando sia in riposo, nè cessare di muoversi qualora non le si presenti verun ostacolo che l'obblighi a porsi in quiete. Che però quantunque sia l'*Inerzia* un principio puramente passivo, riguardar si può giustamente come uno sforzo che
i cor-

I corpi fanno per rimanere nello stato (1), in cui si ritrovano, sia di moto oppur di quiete. Come in fatil volendosi arrestare un corpo che attualmente si muova, oppur volendosi muovere un altro che stia in riposo, uopo è superare perfettamente l'inattività della sua materia; che val quanto dire, che fa mestieri d'impiegare una quantità di forza uguale a quella, con cui quel tal corpo resiste per non essere disturbato dallo stato in cui si trova: la qual forza impiegata, viene conseguentemente distrutta dalla forza contraria del corpo medesimo, talmentchè non si mette egli in moto, se non per virtù dell'eccesso della forza che opera contro di esso per superare la sua resistenza. E poichè siffatta resistenza compete a ciascheduna delle minime particelle di cui il corpo è composto, riguardar si dee come l'aggregato di tutte coteste resistenze parziali; e quindi l'Inerzia dev'esser proporzionale alla quantità della materia. Avtem motivo di esaminare in appresso le conseguenze interessantissime che derivano da un siffatto principio.

46. Chiunque entrasse nel sospetto, che la forza d'Inerzia dipender potesse da quella di Gravità, in quanto che tirando quest'ultima tutt' i corpi verso il centro della Terra, fa sì, che resistano essi a qualunque sforzo che tenda a muoverli in altra direzione; potrà agevolmente convincersi del suo errore, lasciandosi liberamente cader di mano un corpo leggero, qual sarebbe, per esempio, un pomo, affinchè discender possa con picciola velocità. Se nell'atto di tal caduta siegua egli il pomo colla mano, in modo tale che lo raggiunga in qualsivoglia punto della sua discesa e lo prema verso giù,

C 3

sen-

(1) Altrimenti non vi sarebbe ragione, per cui un corpo non si muovesse con qualunque velocità ed in qualunque direzione, ciò che indica evidentemente esservi una forza determinata per lo stato in cui si trova. L'esempio del §. 46 lo farà veder chiaramente.

sentirà la resistenza del pomo verso la parte contraria, proporzionatamente alla forza ond' egli lo percuote: segno evidente, che la forza d'Inerzia non dipende in verun modo da quella di Gravità, la quale non opera, siccome diremo, se non se in direzione tendente giù al centro della Terra.

ARTICOLO VI.

Della Forza di Attrazione e di Ripulsione.

47. **N**on v' ha cosa più facile per coloro, i quali sono versati nello studio delle cose naturali, quanto il rilevare, per così dire, ad ogni passo il gran dominio che ha in Natura l' universale proprietà posseduta dalle varie particelle della materia, di attrarsi scambievolmente; dimodochè egli è agevol cosa di rapportare una infinità di fatti per provarne evidentemente l' esistenza. Prendete in mano una pietra o un pezzo di metallo, e sforzatevi di romperlo, che val quanto dire di separar le sue parti l' una dall' altra. Il vostro sforzo riuscirà vano; o se pure avrà il suo effetto, vi costerà grandissima fatica. Ciò fa vedere ad evidenza quant' è grande la forza, in virtù di cui le particelle, ond' è composta la pietra o il metallo, attraggonsi scambievolmente, e tengonsi unite l' una all' altra; altrimenti riuscirebbe agevolissimo il disgiugnerle. Gettate delle gocce d' acqua oppur di mercurio su di un piano levigato, e quindi avvicinatele l' una all' altra: prima che arrivino a toccarsi, si attrarranno con tanta violenza, che incorporandosi insieme, andranno tosto a formare una goccia sola. Prendete un pan di zucchero, una spugna, un pezzo di midollo di pane, uno squarcio di carta, un pannolino, o altra cosa simigliante; e fate che una delle loro estremità venga tuffata nell' acqua: vedrete tosto la medesima essere attratta in modo dalle accennate sostanze, che innalzandosi sensibilmente andrà ad umettarne le
par-

parti che sono molto al disopra del suo naturale livello. E d'onde mai procede, se non se dall'attrazione, che una quantità di nitro, per esempio, oppure di sali di tartaro quantunque asciutta, trovasi poi considerabilmente imbidita, sicchè pesi il doppio qualora tengasi esposta all'aria per qualche tempo?

48. Due palle di piombo appianate in una piccola parte della lor superficie, e quindi applicate e premute di traverso con forza l'una contro l'altra, resteranno unite in modo, che converrà fare uno sforzo considerabile per poterle disgiugnere: talvolta mantengono sospese parecchie libbre senza staccarsi. Il celebre Beniamino Martin me ne fece veder due in Inghilterra, le quali quantunque non pesassero che una libbra per ciascuna, e conecchè non si toccassero che in una porzione della lor superficie, uguale ad $\frac{1}{3}$ di pollice quadrato, pure giugnivano a sofferare un peso di dugento libbre (1). Cosa che fa stupore! E siccome ciò succede ugualmente nel voto, dove l'aria non ha veruna influenza, chiaro si sceglie non doversi attribuire se non se all'attrazione. Lo stesso effetto si otterrà in una maniera più sensibile, applicando l'un sopra l'altro due piani levigati di ottone oppure di cristallo, uniti leggermente di olio affine di sfoggiare l'aria da' loro pori: resteranno essi aderenti sì fattamente fra loro, che talvolta

C 4

NOTA

(1) Si trovano due belle sperienze di questo genere nelle Transazioni Anglicane (Anno 1725, n. 389) fatte alla presenza della Società Reale, le quali dimostrano l'esistenza di questa forza di coesione: ma non è ancora stato possibile di poter determinare il rapporto che v'ha tra la superficie in contatto e la forza di coesione. Muschenbroek dopo aver fatte molte sperienze di questo genere su differenti sostanze, ha voluto darci una tavola sulla coesione d'ognuna di esse; ma egli stesso confessa di non aver trovato questo rapporto se non che per approssimazione. E' pressochè evidente che il grado di aderenza di poltici, la maggiore o minor quantità d'aria contenuta fra le superficie, e un infinito numero di altre circostanze renderanno sempre queste sperienze sommamente variabili.

non basterà la forza di quattro uomini robusti per poterli distaccare; la qual forza supera di molto quella che la pressione dell'aria potrebbe fare su di un piano che non avesse, per esempio, che 4 pollici di diametro. In generale tutt'i metalli che hanno facce levigatissime, ugualmente che l'avorio e il marmo, i quali sono suscettibili della stessa politura, applicati l'uno sull'altro colla dovuta diligenza, tengonsi scambievolmente uniti con tanta forza, che trattane l'aderenza cagionata dal peso dell'atmosfera, uguaglia talora 259 libbre, siccome fu rilevato da Musschenbroeck ne' suoi varj sperimenti.

49. Si è osservato più volte, che in un tubo di vetro di circa 70 pollici di lunghezza, chiuso al disopra e riempito di mercurio perfettamente scevro di aria, sicchè l'interna superficie del tubo combaciare potesse appunto coll'intera colonna di quello; dopo di essersi capovolto, il mercurio vi è rimasto sospeso al di dentro. Chiunque volesse attribuire cotesto fenomeno all'efficacia dell'aria, la quale premendo il mercurio da sotto in su, l'obbligasse quindi a rimanere nel tubo, è pregato a rammentarsi, che la pressione dell'aria non è capace di sostenere se non se circa 28 pollici di mercurio, siccome dimostreremo a suo luogo. E' forza dunque il dire, che gli altri rimanenti 42 pollici fossero sostenuti da un'altra potentissima cagione; in cui chi mai può non ravvisarci la legge di coerenza, ossia la forza di attrazione fra il mercurio e il vetro del tubo? Come in fatti per poco ch'egli si scuota, vedesi tosto uscirne il mercurio, essendo vinta la forza di aderenza dal proprio suo peso.

50. In comprova della special forza di aderenza fra le due mentovate sostanze, v'ha il decisivo sperimento praticato dal Signor di Morveau col mezzo d'un piano di cristallo, ed un vaso di mercurio. Attaccata per via di mastice qualche sorta di appiccagnolo alla faccia superiore d'una lastra di cristallo, che abbia il diametro di due pollici e mezzo, sospendasi ad una esatta bilancia,

e si

e si ponga ivi in equilibrio mercè di pesi annessi all'opposto braccio di quella. Tostochè alla superficie inferiore dell'accennata lastra si approssimerà del mercurio che sia riposto entro a un vaso, resteranno essi scambievolmente attaccati con tal grado di forza, che si richiederanno 666 grani di peso applicati all'opposto braccio della bilancia, per poter vincere la loro aderenza; senza che vi sia il menomo fondamento da poter sospettare, che possa a ciò contribuire la pressione dell'aria, riuscendo l'esperienza ugualmente bene nel voto della Macchina Pneumatica. Facendosi uso di piastre di metallo in vece di quelle di vetro, l'adesione sarà minore, a misura che i metalli, di cui son composte, hanno una minore affinità col mercurio; scorgendosi da' fatti, che per vincere l'adesione d'una piastra d'oro si richieggono 446 grani di peso, per l'argento 429, pel rame 142, pel ferro 115, e così de' rimanenti, non ostante che le piastre da essi formate abbiano tutte il medesimo diametro. Se in luogo di mercurio facciasi uso d'acqua, i gradi di aderenza de' mentovati corpi saranno anche diversi.

51. Riempite d'acqua un bicchiere ben netto, e poneteci dentro due leggerissime palle di vetro, due pezzetti di sughero, o altri corpi simiglienti, di ugual peso a un di presso. E' cosa piacevolissima il vedere, che si attrarranno a vicenda fino alla distanza di parecchie linee, si avvicineranno con un moto accelerato, e la lor forza di coerenza sarà tale, che tirandone uno verso di voi colla mano, l'altro gli verrà appresso: talora saranno attratti ambidue dalle interne pareti del bicchiere da cui vien similmente attratta l'acqua, la quale scorresi sollevata intorno intorno al disopra del suo livello, conformandosi perciò in una superficie concava; ciocchè distrugge ogni sospetto, che i mentovati corpi a galla ugualmente che l'acqua possano esser portati verso le pareti del bicchiere per ragion di pendio che ve li obbligasse. Il mercurio purissimo, versato in un vaso di
rame

rane o d'ottone ben levigato, e quindi stagnato al di dentro, rappresenterà lo stessissimo fenomeno. Non avverrà così però versandolo dentro un vaso, oppure un tubo di vetro; conciossiachè in quest'ultima la sua superficie sarà convessa, come scorgetesi ne' Barometri, per motivo che le particelle del mercurio, a differenza di quelle dell'acqua, attraggonsi scambievolmente con maggior forza di quelle che sono attratte dal vetro.

52. Facendo uso dell'acqua contenuta nell'anzidetto bicchiere, cercate di avvicinar la punta del dito alla superficie di quella: fateelo attentamente, e vedrete che l'acqua s'innalzerà verso il vostro dito prima che siegua il toccamento, e quindi gli si attaccherà con tanta forza, che quantunque lo ritirate in su all'altezza di una linea, pure vi si manterrà aderente, conformandosi alla guisa di un cono, la cui base è nella superficie dell'acqua del bicchiere. Un tal fenomeno si renderà più sensibile nell'atto che vogliasi ritrar dall'acqua un pezzo di legno di pino già immerso in quella; poichè sarà tale la forza di aderenza, che vedrassi l'acqua cingere il detto legno a foggia d'un tubo, sollevato molto al disopra dell'acqua del vaso (1).

53. La figura sferica, che prendono le gocce d'acqua oppure di mercurio gettate su di un piano levigato, non si può ragionevolmente attribuire se non se ad una considerabil forza di attrazione che regna tra le loro particelle, per la cui virtù sottraggonsi quelle alla legge ge-

nera-

(1) Talboro che ha fatto una sperienza di questo genere, ha osservato che questo legno, immerso nell'acqua in vece di perdere una parte del suo peso, secondo le leggi dell'idrostatica, aveva anzi acquistato un peso maggiore, e che alzato sopra il livello, si tirava dietro con una forza incredibile una colonna d'acqua che restava per alcuni istanti sospesa. Questo sperimento prova non solo l'esistenza di questa legge d'affinità, ma dimostra eziandio che nessuna parte può avere la legge dell'universale attrazione, perchè il suo effetto è totalmente contrario ai principj di questa legge.

merale a cui son soggetti i fluidi, cioè a dire di poter sempre a livello la loro superficie.

54. Lo sperimento dell'inchostro simpatico, rapportato nel §. 30, può benanche servire di fortissima prova pel nostro assunto; essendo uno de' liquori attratto dall'altra con tanta efficacia, che passa per lo traverso di un libro voluminoso ed anche di un muro, per unirsi a vicenda, e quindi rendersi visibili. La Chimica somministra benanche infiniti fatti evidentissimi in prova dell'esistenza di cotesta forza, da' quali par che si rilevi di vantaggio esserci una legge particolare di attrazione fra certe specie di elementi, detta con altro nome *legge di Affinità*, da cui vien poscia originato un gran numero di prodigiosi fenomeni. Per darne un picciol saggio rapporterò gli sperimenti che sieguono.

55. Pongasi un pezzo di argento in una sufficiente quantità di acqua forte, e vedrassi tosto seguirne una sorta di effervescenza, durante la quale l'argento verrà sciolto dall'acido, si dissiperà fra le particelle di quello, e resterà incorporato. Se in tale stato di cose si getti della limatura di rame in quella tal soluzione, vedrassi succedere, che l'acqua forte abbandonando immediatamente le particelle dell'argento che in se conteneva, e lasciandole cadere a fondo sotto l'apparenza d'una bianca polve (ciocchè da' Chimici si denomina *Precipitazione*), si attaccherà alla limatura del rame, cui scioglierà e terrà seco unita, come dianzi fatto avea coll'argento. Un poco di limatura di ferro gettata in cotesto liquore, gli farà abbandonare il rame, precipitandolo al fondo del vaso per attaccarsi al ferro, il quale quantunque sciolto ed incorporato coll'acido, soggiacerà al destino de' mentovati metalli, qualor si ponga in quello un pezzettino di zinco ch'è una delle specie de' mezzi metalli. Essendo lo zinco già disciolto nell'acqua forte, vedrassi egli precipitare a fondo tostochè vi si versi dentro un po' di polvere d'occhi di granchi, la cui mescolanza cagionerà sulle prime una vigorosa e

singolare effervescenza. Ecco pertanto nel risultato di questo sperimento una prova manifestissima d' esservi una particolare attrazione fra le particelle dell' acqua forte e quelle dell' argento, e d' esservene una maggiore tra l' acqua forte e il rame; giacchè al presentarsi di questo, che ne vien fortemente attratto, lasciarsi in abbandono e precipitarsi a fondo le particelle di quello. L' attrazione col rame si dilegua immantinente al comparire del ferro; questa cessa del tutto per dar luogo a quella dello zinco; la quale finalmente divien nulla a fronte della polve di granchi, con cui ha l' acqua forte una maggiore analogia (1). Questo è ciò che dicesi da Chimici *legge di Affinità*, la cui conoscenza essendo loro molto profittevole in parecchie occorrenze, si son formate delle Tavole, dette di *Affinità*, ove trovansi registrati i differenti gradi di attrazione, cui l' esperienza ha fatto ravvisar fra sostanze di diversa specie.

56. Se in due libbre di spirito di vino impuro gettate una mezz'oncia di sal di tartaro, oppur d' altro sale alcalino, attrarrà questo a se poderosamente la sola acqua mescolata collo spirito, il quale essendo versato dolcemente in un altro vaso, si troverà rettificato e puro; e potrà ridursi alla massima purità possibile col riaffonderci dell' altro sale, e ripetere la mentovata operazione. Con questo semplicissimo metodo si può rettificare lo spirito di vino senz' assoggettarlo alla distillazione.

57. Le cristallizzazioni d' ogni sorta sembrano confermare questa medesima verità; imperciocchè per far sì che il sal marino, per cagion di esempio, comechè disciolto cento fiato nell' acqua, prenda costantemente la forma di piccioli cubi dopo seguito lo svaporamento, pare

(1) Da tutte queste sperienze si può ancora conchiudere, che l' affinità non segue la proporzione del peso, o della leggerezza, poichè spesso volte un corpo più grave è precipitato da un altro più leggero, e viceversa (Vedi Morveau nell' Articolo o Trattato sopra l' Affinità).

pare assolutamente necessario, che gli elementi che lo compongono, attraggansi fra di loro in certi determinati modi, sicchè presentino gli uni agli altri costantemente la medesima superficie, onde ne risulti poi la medesima figura. Così il nitro è formato da colonnette esagone, il sale ammoniaco da spigoletti, l'arsenico da ottaedri composti di otto piani triangolari, con siffatta regolarità e costanza, che dalla sola ispezione de' cristalli si vien tosto in cognizione della natura de' sali. La legge dunque, che opera sull'è loro particelle, è invariabile; e l'abbandono dell'acqua per unirsi quelle scambievolmente, e formare le indicate figure, fa manifestamente scorgere la particolare affinità che regna fra di esse.

38. Porta il pregio di rapportare in ultimo un altro grazioso sperimento in conferma della legge di affinità, il quale ci potrà dar de' lumi per applicare dovutamente siffatte dottrine. Prendasi un picciol vaso conformato alla guisa di una lucerna, e si empia di vino purissimo, d'acqua, e d'olio, mescolati insieme: avendo poscia preparati tre lucignoli di bambagia, s'intinguano separatamente, uno dentro dell'acqua, l'altro dentro dell'olio, e il terzo dentro del vino. Ciò fatto, pongansi tutti e tre dentro del miscuglio de' liquidi contenuti nel vaso anzidetto, in qualche distanza l'un dall'altro, facendo sporgere un capo di ciascheduno fuori del labbro del vaso, talchè sieno pendenti verso il sostegno su cui il vaso sta appoggiato. Sarà bello il vedere, che quantunque sieno essi tuffati tutti e tre nell'accennato miscuglio di tre fluidi differenti, pure verrà da ciascheduno attratto quel fluido soltanto di cui si trova anticipatamente imbevuto; ond'è che gocciolando quello fuori del vaso finattantochè il medesimo sarà del tutto votato, e raccogliendosi in tre scudellini differenti, si troverà nel primo di questi il puro olio, nel secondo l'acqua, e nel terzo il vino; segno evidentissimo, che ciascheduno de' detti fluidi ha una particolare attrazione.

attrazione con quello della medesima natura. Bisogna avvertire però, che non tutt' i vini sono atti per questo sperimento, a motivo che parecchi s' incorporano talmente coll' acqua, che non se ne possono più separare. Sitchè in lor vece potrebbe sostituirsi qualche altro liquore con cui l' acqua non avesse tanta affinità, oppure far uso soltanto dell' acqua e dell' olio.

59. Cotesta forza di attrazione, la cui esistenza vien chiaramente confermata da questi e da altri infiniti fatti che per brevità si tralasciano, dicesi *Attrazione di coesione*, la cui scoperta devesi interamente al genio indagatore di Newton. Uopo è sapere, ch' essa conviene in particolar modo alle picciole particelle di materia allorchè sono in contatto, oppur vicine a toccarsi; ed è maggiore o minore, date uguali le altre cose, a misura che si accresce, ovvero si diminuisce la quantità delle superficie che sono in contatto, oppur prossime a quello: e poichè la quantità delle superficie, che scambievolmente si toccano, dipende dalla varia forma delle particelle di cui un corpo si compone; essendo cotesta forma differente a tenore de' differenti corpi, ne siegue, che le parti di alcuni di essi debbono essere più fortemente aderenti che quelle di altri. Così que' corpi, per cagion d' esempio, le cui particelle fossero cubiche, debbono essere più fermi e più consistenti di quegli altri, le cui particelle essendo sferiche, non si possono toccare che in un sol punto. Quindi viene originato il vario grado di durezza e di mollezza, di consistenza e di fluidità di varj corpi, ugualmente che la loro diversa gravità specifica ed altre qualità analoghe alle medesime.

60. Inoltre siffatta forza non è uguale in tutte le particelle della materia, scorgendosi in alcune assai sensibile, ed in altre debole a segno, che non si manifesta se non quando sono quelle vicinissime a toccarsi. Si nell' une però che nelle altre vedesi sempre scemare a misura che cresce la distanza. Prendansi di fatti varj vasi sottili di vetro di differente diametro, e si tuffino nell'

nell'acqua: si vedrà questa valise dentro a' tubi al disopra del suo livello esteriore, e sollevarsi ad una maggiore altezza a proporzione ch'è minore il diametro della loro cavità. Oltrechè siffatta legge si ravvisa sensibilissima nello sperimento di sopra accennato (§. 31) de' due pezzi di sughero galleggianti nel bicchiere, la cui celerità va crescendo a gradi, a misura che più si avvicinano scambievolmente. Provasi essa ugualmente col porre una goccia d'olio tra due lastre di vetro inclinate l'una all'altra in picciolissima distanza, vedendosi quella scorrere con una celerità maggiore recedendo più si va minorando l'intervallo frapposto fra le lastre suddette. E poichè i rammentati fenomeni riescono in simil guisa nel voto, e quello delle lastre e de' tubi capillari non si altera in veruna modo col cavarli fuor dell'acqua; si ha un chiarissimo indizio, che non possono esser prodotti nè dalla pressione del fluido stagnante, nè da quella dell'aria che gli sovrasta, ma bensì da una forza attrattiva aderente al vetro.

61. Vuolsi seriamente badare esservi in Natura alcuni corpi, ne quali la forza attrattiva operando con grandissimo vigore a distanze considerabili, viene a manifestarsi in una maniera sensibilissima. Tal è, per esempio, la calamita rispettivamente al ferro; e tali sono benanche i corpi elettrizzati, che hanno il potere di attirare a se quegli altri che non sono tali. Queste sorte particolari di attrazione riguardansi da' Newtoniani come di specie diversa; e distinguonsi perciò col nome di *Attrazione elettrica*, e di *Attrazione magnetica*, di cui si ragionerà a suo luogo.

62. Ad onta di tanti luminosi sperimenti che provano ad evidenza la realtà dell'attrazione di coerenza dichiarata fin qui, e non ostanti le cose esposte ne' due paragrafi antecedenti, non è stato ancora possibile di rintracciar positivamente la legge ond'essa opera. Certo si è, che nel punto del contatto ella supera di molto l'attrazione di gravità, e che lungi da quello si scer-

ma assai più che nella ragione de' quadrati delle distanze; cosicchè per tal riguardo differisce ella dall'attrazione anzidetta, ossia dall'attrazione universale, mercè di cui i corpi attraggonsi scambievolmente a grandi distanze con forza tale, ch'è nella ragione inversa de' quadrati di quelle, siccome dichiareremo fra poco. E' sembrato a taluni, che l'attrazione di coerenza sia nella ragione inversa de' cubi delle distanze divise, dimanierachè scemandosi di 8 volte in una doppia distanza, si diminuisce di 27 in una distanza come 3, di 64 in una distanza come, 4 ec., tali essendo i cubi de' numeri 2, 3, 4, ec. V'han però de' fenomeni da cui apparisce non aver sempre luogo cotesta legge. Dal che parecchi han preso motivo di negare l'esistenza dell'attrazione Newtoniana, siccome quella, che variando a guisa di Proreo, operar vedesi ora nella ragione inversa de' quadrati, or de' cubi delle distanze, ed ora finalmente secondo altre ragioni differenti che noi ignoriamo. A me sembra però che l'attrazione di coerenza, benchè sia essenzialmente la stessa dell'attrazione universale a grandi distanze, vien di ragione modificata diversamente dalla varia figura delle particelle de' corpi. E come no, se due particelle di materia supposte di figura sferica non presentano vicendevolmente al contatto, che un punto solo, laddove due altre supposte cubiche ne presenteranno centinaia? Or non vi sembra ragionevole, che la forza di attrazione nelle prime debbasi manifestare di gran lunga men vigorosa che nelle seconde, quando la massa di tutt'e quattro suppongasi uguale? Cosa v'ha dunque d'irregolare e di straordinario nello scorgere queste attrarsi a maggior distanza che quelle? Vedremmo per avventura le mentovate varietà ridursi a leggi sempre regolari e costanti, qualora divenuti noi più veggenti, contemplar potessimo a bell'agio la differente forma delle particelle ne' corpi diversi. L'operar l'attrazione talvolta con ispeciali leggi a noi ignote, par di ragione stabilito per adempiere a fini assai estesi e

sublimi. Ed in fatti non è da recarsi in dubbio, che dal vario grado di coerenza tra le particelle componenti de' corpi non solamente deriva il vario lor grado di densità e durezza a pari circostanze (§. 59), ma eziandio parecchie altre loro qualità e differenze specifiche. Per far dunque, che i corpi fossero diversamente densi e varj nella specie, faceva assolutamente mestieri, che le parti di ciascheduno si attraessero e si tenessero insieme congiunte con varj gradi di forza, e quindi che vi fossero delle leggi speciali di affinità e di attrazione. Durate voi forse alcuna fatica ad immaginare il gran disordine che ne avverrebbe, se il formento, per cagion d' esempio, fosse ugualmente denso e duro che il bronzo? se l'acqua e l'aria avessero la densità del mercurio? se la densità e la durezza de' muscoli, de' nervi, del sangue, e delle rimanenti parti del nostro corpo e di quello degli altri animali, uguagliassero quelle del ferro? Gl'inconvenienti che ne risulterebbero, sono atti a potersi concepire a primo lancio. Faceva dunque mestieri, che campeggiassero dappertutto in Natura coteste speciali affinità ed attrazioni, la cui esistenza e il cui esteso dominio, lungi dal doverci parere assurdo ed irregolare, ci spigne piuttosto a farci aprire gli occhi, ed a farci ravvisare una sovrana Sapienza che con provvido e saggio consiglio ha disposto le cose in modo, che tutto concorra all'armonia ed all'ortimo regolamento dell'Universo. Oltrechè essendo providamente ordinato in Natura, che i corpi in essa esistenti soggetti fossero di continuo a soffrir de' cambiamenti, ed a formarsene sempre de' nuovi dalla scomposizione di altri (§. 21); faceva certamente mestieri, che sussistessero fra i loro elementi alcune attrazioni speciali, per la cui forza associandosi scambievolmente quelli che hanno fra loro una particolare analogia, si formassero quelle tali specie di sostanze, cui fa d'uopo rimpiazzare nel vasto Teatro del Mondo.

63. Oltre alla forza di attrarre, scorgonsi alcuni cor-

pi esser dotati di una certa forza ripulsiva, maggiore o minore secondo le circostanze. Così due corpi elettrizzati ributtansi a vicenda, ugualmente che i due diversi poli magnetici; una quantità di acqua non s'incorpora giammai con un'altra quantità di olio; ed in simil guisa una goccia d'acqua difficilmente si attacca alla superficie di un metallo ben levigato e pulito, e molto meno ad un pezzo di cera o di sevo. Esponete varj ritagli di panni differenti all'aria aperta nel luogo stesso in un mattino rugiadoso; e troverete, che alcuni di essi saran coperti interamente di rugiada, ed alcuni altri non ne avranno neppure una goccia sola: cosa che succede ugualmente mettendo alla prova differenti sorte di metallo. Ponete un ago sottile e ben asciutto sulla superficie dell'acqua: la forza ripulsiva vedrassi operare in maniera, che allontanandosi l'acqua sensibilmente da' lati di quello, vi formerà una specie di solco intorno intorno, e l'ago vi si manterrà a galla: il qual fenomeno si renderà vieppiù sensibile dalla cavità rimarchevole che si formerà tutt'all'intorno di una leggera palla di legno che poggiasse sull'acqua, oppur da quella che forma il mercurio all'intorno di un pezzettino di ferro che si faccia galleggiar su di esso. Immergete finalmente varj tubi capillari di vetro dentro il mercurio; e vedrete che la colonna del medesimo contenuta nella cavità di quelli, si manterrà al disotto della superficie del mercurio ch'è al di fuori, ed una tal differenza di altezze sarà sensibile a segno, che uguaglierà talvolta due linee a un di presso, facendosi maggiore a misura che si scema il diametro de' tubi. Il qual fenomeno, essendo interamente opposto a quello che ne' tubi stessi vien cagionato dall'acqua (§. 60), dà un ragionevolissimo motivo per doversi riconoscere come un effetto di una forza ripulsiva.

64. I Newtoniani sostengono, che cotesta forza ripulsiva incomincia immediatamente al di là della sfera, diciam così, dell'attrazione; e quindi che principia a

ma-

manifestarsi tostochè cessa la forza attrattiva: e comechè vi sieno alcuni i quali giudicano esser coteste due forze interamente diverse tra loro, vi sono però di quegli a cui piace il credere esser elleno le medesime; e ch'è la stessa forza attrattiva, che tirando da una parte, fa che due corpi si accostino a vicenda; tirando poscia più poderosamente dalla parte opposta fa che si allontanino l'un dall'altro, manifestandosi così sotto l'aspetto di forza ripulsiva. Così l'argento che sciolto dall'acqua forte si manteneva per virtù di attrazione strettamente unito con quella, par che venga tosto rigettato e precipitato al fondo del vaso, quando vi si versa del rame, da cui l'acqua forte viene attratta con forza maggiore (§. 55). Il potere attrattivo più sensibile fra le particelle del mercurio che tra queste e il vetro, rendendo convessa la cima della colonna di un Barometro (§. 51), fa sembrar che il mercurio sia poderosamente ributtato dal vetro. Or siccome nulla si sa di certo intorno alla cagione di siffatte forze, contengiamoci di conoscerne gli effetti, e riguardiamo tutto il resto alla guisa di tante opinioni non ancora sodamente stabilire.

65. Ragionevolissimo è pertanto il supporre, che a coteste forze attrattiva e ripulsiva, qualunque esse sieno, debbasi attribuire lo svaporamento de' fluidi, il bever che fa la radice i sughi nutritivi della terra, e quindi la loro salita fino alle più elevate cime degli alberi e d'ogni sorta di vegetabili, la diffusione delle particelle odorose da' corpi odorati, lo slancio della luce da' corpi luminosi, la formazione de' cristalli di certe determinate forme, lo scioglimento, oppur l'unione di parecchie sostanze, le precipitazioni chimiche, ed una infinita varietà d'altri fenomeni, che sono forse i più meravigliosi della Natura, e i più profittevoli al genere umano. Da' medesimi principj si suol ripeter ben anche da' Newtoniani la cagione della rarefazione, della compressibilità, ed elasticità di varj corpi; dappoichè come

potrebbero le parti di un corpo separarsi a vicenda ed occupare un maggior volume, ed in qual modo le parti compresse di un altro ritornar potrebbero di bel nuovo nella loro situazione primiera, senza l'aiuto di forze che le obbligassero ad allontanarsi e poi ad unirsi l'una coll'altra? Son questi per altro fenomeni molto astrusi.

66. Per poco ch'altri rifletta al mentovato fenomeno de' tubi capillari (§. 60), ed alla particolare attrazione che vien dimostrato esserci tra fluidi dello stesso genere dallo sperimento del §. 58, gli si aprirà un campo da poter concepire in qualche modo sì la grand' opera della separazione de' varj liquidi nel corpo animale, che quella della nutrizione. Il supporre, per esempio, che dal medesimo sangue che circola in tutto il corpo, il fegato separi la bile, il pancreas l'umor pancreatico, le glandole dello stomaco il succo gastrico, le pirutarie il muco, le parotidi la saliva, le sebacee un umore olioso, e così di mano in mano, perchè essendo le medesime conformate alla guisa di un filtro, lasciano passare soltanto a traverso della loro sostanza quelle particelle del sangue il cui diametro non oltrepassa quello de' loro pori, è cosa molto poco soddisfacente; conciossiachè osservasi coll'esperienza, che la carta, per cagion d'esempio, i cui pori sono così larghi, che lasciano passar liberamente l'acqua, non permettono che vi passi l'aria, siccome scorgesi mercè della Macchina Pneumatica. La carta, pe' cui pori liberi passa a stento la luce, rendesi trasparentissima tostochè quelli si riempiono d'olio. L'acqua, che trapela pe' finissimi interstizj di un masso di tufo o di terra addensata, non trova un libero cammino dentro un tubo capillare di un diametro assai maggiore. Che però è più ragionevole e più analogo all'esperienza il credere, che ciascheduna delle glandole imbevuta o inverniciata, per così dire, dell'umore analogo a quello che deve poi separare fin dal punto della formazione del corpo, prosiegue in appresso ad attrar
semi.

tempre dal sangue le parti dello stesso umore, lasciando passar liberamente le altre di diversa qualità e natura; nella guisa appunto che i tre lucignoli nello sperimento del §. 58, comechè tuffati tutt'e tre in un miscuglio di liquidi differenti, attraggono ciascheduno un solo e particolar liquore, simile a quello di cui sono stati preventivamente imbevuti. La qual cosa si rende vieppiù credibile dal rilevarsi da fatti assai ovvj e variati (un gran numero de' quali legger si può presso Hallero), che tutti i diversi umori, i quali vengono separati nelle differenti parti del nostro corpo, trovansi già preventivamente bell'e preparati nella massa del sangue. Vero è, che si potrebbe opporre a questa opinione, che non v'ha umore nel feto il quale abbia le qualità, per esempio, di bile, di succo gastrico, di saliva, e del resto de' fluidi che vengon poi separati col crescer dell'età nelle varie glandole; ravvisandosi il tutto blando, acquoso, ed insipido: ciò però non distrugge quel che si è da noi stabilito, bastando unicamente, che la qualità di siffatti umori, quantunque blandissima, sia originalmente analoga a quella che da quel tale organo devesi separare col tratto del tempo. Forse la figura e la particolar conformazione de' condotti secretorj possono avere qualche influenza in siffatta operazione, del cui meccanismo, ch'è per altro molto incerto ed oscuro, si è cercato di rapportar qui la più plausibile opinione.

67. Corrispondentemente alle dottrine dichiarate di sopra, vi è similmente gran ragione di credere, che la forza di attrazione contribuisca moltissimo a far sì, che le piccole boccucce de' vasi linfatici assorbiscano il chilo dagl' intestini alla guisa di tanti tubi capillari, per indi portarlo nel condotto toracico, e conseguentemente nel sangue per la vena succlavia; il quale per via di una infinità di altri piccioli vasellini va poscia a diffondersi, e ad inaffiare, se così mi è permesso di dire, tutte le varie parti del corpo.

ARTICOLO VII.

Della Forza di Gravità, e delle sue Leggi.

68. **C**ome abbiain veduto fin qui, che le piccole particelle onde compongonsi i corpi, attraggonsi a vicenda qualora son vicinissime l'una all'altra, e prossime al contatto; così osservasi coll'esperienza, che i gran massi di materia, da cui si compone l'Universo, si attraggono scambievolmente a distanze assai considerabili. Questa è quella che dicesi *Attrazione di Gravità*, riputata diversa dalle tre specie di attrazione fin qui rapportate. Siffatto meraviglioso potere fu ben conosciuto nella scuola di Anassagora, ugualmente che in quella di Democrito e di Epicuro, ove s'insegnò asseverantemente la generale propensione della materia verso centri comuni; alla quale idea si uniformarono poscia Copernico e Ticone. Fu ella però spinta più oltre dal sagace Keplero, il quale nudrì ferma opinione, che la detta universale forza attrattiva fosse reciproca in tutt' i corpi, e che quella del Sole e della Luna si sporgesse fino alla Terra, a segno che spiegò per virtù di essa il flusso e riflusso del mare ed altri fenomeni di simigliante natura. Il Signor de Fermat, Roberval, Bacone da Verulamio, ed altri, non si dipartirono da cotal sentimento. Merita però, che si faccia su di ciò particolar menzione del Signor Hook, letterato assai celebre dell' Inghilterra, il quale in una sua Opera insigne pubblicata nel 1674, non solamente ragiona sulla forza di attrazione ne' termini più precisi e più chiari, attribuendola anche a' Pianeti che afferma perciò di attrarsi scambievolmente; ma si avvanza fino a dire, che siffatto potere si va scemando a misura che si accresce la distanza de' corpi, comechè non ancora gli fosse riuscito di determinare secondo qual proporzione si facesse un tale scemamento. L' investigazione di cotesta legge fu avventurosamente riser-

riserbata allo spirito indagatore di Newton, mercè i cui lumi si è ella renduta una sorgente inesaurita di tante altre scoperte, d'onde traggonsi alla giornata le conseguenze le più singolari, e nel tempo stesso le più conformi alle osservazioni.

69. Ove si ragioni della nostra Terra, cotesta potenza di attrarre riguardasi come accumulata, per così dire, nel suo centro: quindi ne avviene, che tutt' i corpi lasciati liberamente cadere dall'alto, sforzansi tosto di scendere verso il centro di quella (1); e che i varj popoli della Terra, ugualmente che le loro abitazioni, e tutti quegli altri corpi che hanno per appoggio la sua superficie, mantengonsi fermi ne' loro siti sì al disotto che al disopra e tutt' all' intorno della medesima, senza esserne violentemente sbalzati via in forza del moto di rotazione di quella. Quindi nasce eziandio, che il Sole, la Luna, e i rimanenti corpi celesti, mantengonsi equilibrati nelle loro rispettive distanze (2); del che prenderemo in appresso opportuno motivo di ragionare. Qui però non trascureremo di dire, che anche ne' gran massi di materia, i quali elevandosi notabilmente sulla superficie della Terra si discostano assai dal centro di quella, la forza di attrazione si manifesta a un grado sensibilissimo. Potrebbeasi rapportare in comprova di ciò le fondate conghietture de' Signori Cavendish, la

D 4

Cail-

(1) Questo è vero, se le direzioni dei gravi sono convergenti, cioè, si vanno ad unire in un punto; ma non è però così, se la Terra è una sferoide, cioè a dire, una sfera schiacciata dalle parti opposte, come in fatti fu dimostrato e confermato dagli sperimenti istituiti coi pendoli a diversi gradi dall' Equatore, come vedrassi a suo luogo.

(2) Ciò non avviene perchè la gravità si suppone accumulata al centro della Terra, ma perchè tutti i corpi celesti si attraggono reciprocamente, e tendono ad un certo punto, che si chiama centro di gravità comune, posto nella linea che unisce i loro centri. Le masse sono in ragione inversa delle loro distanze da questo centro. Come per esempio, se *S* è il Sole, e *A* la Terra, uniti i loro centri con la linea *SA*, sta *A* : *S* :: *SC* : *CA*, come meglio vedrassi in seguito.

Tav. 2.
Fig. 1.

Caille, Beccaria, Boscovich, ed altri celebri Osservatori, relativamente alle Alpi, a' Pirenei, agl' Appennini ec.; ma stimo meglio di dedurla dalle osservazioni autentiche praticate nel 1737 da' signori de la Condamine e Bouguer sulla montagna di Chimborazo nel Perù, la cui cima sollevasi dalla superficie terrestre per 2317 tese. Facendo eglino delle osservazioni sulle Stelle con un Quadrante di 2 piedi e mezzo, si avvidero in una maniera evidentissima, che il peso del filo a piombo di quello, e conseguentemente il filo medesimo, deviava dalla perpendicolare mercè la forza attraente del monte di 8 secondi; il qual deviamiento sarebbe stato anche maggiore, se il seno del detto monte non avesse contenuto una cavità enorme per essere stato una volta la sede di un Volcano: imperciocchè quantunque la sua massa sia di 7400 milioni di volte più picciola della massa terrestre, nondimeno però la distanza del filo a piombo dal suo centro di gravità, era di gran lunga minore di quella che si frapponeva fra il filo medesimo e il centro della Terra.

70. Cotesta forza di Gravità è un attributo così universale della materia, che non v'ha particella della medesima, per picciola che sia, la quale ne sia sfornita; ond'è, che non solamente si smentisce la falsa opinione de' Peripatetici, i quali supponevano darsi in Natura la *leggerezza* assoluta, ossia darsi de' corpi interamente scevri di Gravità, ma si deduce eziandio esser la detta forza proporzionale alla quantità della materia, per non essere altro la Gravità di un corpo se non se l'aggregato delle forze parziali, le quali competono ugualmente a ciascheduna delle minime particelle di cui egli si compone. Sì l'una che l'altra verità provansi ad evidenza colla Macchina Boyleana. Ed in fatti v'ha cosa che sembrar possa più leggera della fiamma e del fumo di una candela? Eppure, se messa una candela accesa in un recipiente della detta Macchina, estrarrete l'aria da quello; vedrete che la fiamma, appianandosi, si
diti-

dirigerà verso giù; e quindi che smorzata la candela, il fumo in vece di sollevarsi in alto, siccome fa nell'aria, cadrà immantinente sul fondo del recipiente: segno evidentissimo, che tendono anch'essi a simiglianza di tutti gli altri corpi verso il centro della Terra.

71. Che la Gravità sia proporzionale alla quantità della materia, sia pur qualunque il volume, oltre al riferito raziocinio, lo prova chiaramente il seguente sperimento. Si adatti alla Macchina Pneumatica un recipiente che abbia l'altezza di circa due piedi; e dopo di averne estratta l'aria, per quanto è possibile, vi si faccian cadere nel tempo stesso da cima a fondo due corpi di peso e di volume differentissimo, quali sarebbero, per esempio, un pezzo di piombo ed un pezzettino di carta. Osservando attentamente, vedrete, che cadranno ambidue colla stessa velocità, talchè giugneranno al fondo tutt'e due nel medesimo istante. Affinchè cotesti due corpi tanto disuguali fra loro nel peso, cadendo dalla medesima altezza, abbiano potuto giugnere al fondo con ugual celerità e nello stesso punto, tutte le loro parti han dovuto esser tratte giù ugualmente, ossia col lo stesso grado di forza; ma il numero delle medesime è maggiore nel piombo che nella carta; dunque la quantità di forza ha dovuto esser maggiore in quello, che in questa. Supponendo dunque, che la quantità di materia della carta fosse a quella del piombo come 1 a 50; se per trar giù il pezzo di carta ci sono bisognati 4 gradi di forza, è stato necessario d'impiegarsene 200 per trar giù il pezzo di piombo: ma 4 sta a 200 (che sono le quantità di forza) come 1 a 50 (che sono le quantità della materia); dunque da ciò si rileva ad evidenza, che la forza di Gravità è sempre proporzionale alla quantità della materia.

72. Uopo è dunque riguardar la Gravità come una forza, la quale, operando di continuo ed ugualmente su ciascheduna delle minime particelle della materia, imprime a ciascuna di esse uguali gradi di velocità; dimanierachè

rachè le parti componenti di qualunque corpo cadente considerar si possono come distaccare l'una dall'altra: impèrciocchè siccome nel caso, che fossero realmente tali, scenderebbero tutte colla medesima velocità, così essendo strettamente unite insieme, sono eziandio ugualmente veloci. Dal che deriva, che la velocità ovvero la propensione a cader giù, impressa ai corpi da cotesta forza, non ha veruna dipendenza dalla grandezza di quelli; e quindi ch'è uguale sì nelle grandi che nelle picciole masse (1).

73. Che se poi scorgesi alla giornata, che diversi corpi lasciati liberamente cadere, dall'altezza medesima, non arrivano tutti giù nel tempo stesso, ciò nasce unicamente dalla resistenza dell'aria ch'essi debbono superare nella loro discesa: la quale resistenza essendo rispettivamente minore a misura che la massa del corpo è maggiore sotto lo stesso volume; ne siegue, che un corpo più pesante di un altro, quantunque di ugual volume, giugne a terra prima di quello, comechè siensi fatti scendere ambidue dall'altezza medesima. Così dall'altra parte essendo maggiore la resistenza che si presenta ad
un

(1) Per render sensibile tutto questo con un esempio, s'intenda diviso il pezzettino di piombo in tante picciolissime particelle eguali fra loro di quantità di materia; nello atesso modo si divida il pezzettino di carta, con la condizione però che ognuna delle particelle della carta contenga una quantità di materia uguale a quella delle particelle del piombo. E' chiaro in questa supposizione che l'azione della gravità sopra ognuna di queste particelle, poste sotto la macchina del Boyle, farà che cadano al fondo nello stesso tempo nell'ipotesi che l'azione della gravità sia eguale in ognuna, ma non così se sarà disuguale. S' intendano ora unite tutte le parti del piombo sotto qualunque estensione o volume, come pure quelle della carta sotto un altro; non essendo nè accresciuta nè diminuita la forza di gravità, perchè si sono unite in due volumi le picciolissime particelle, ne segue, che, se l'azione della gravità è eguale in ognuna, dovranno queste parti anche unite in volume cader al fondo nello stesso tempo, come in fatti succede.

un corpo il quale abbia maggior volume di un altro, quantunque sieno uguali di peso (1), ne avverrà, che il corpo più voluminoso arriverà già più tardi di quello che ha minor volume. Non è dunque perchè le intrinseche velocità di cotesti corpi sieno disuguali, ma è il vario grado di resistenza ch'essi incontrano, ciò che li fa discendere in tempi disuguali. Nè è cosa difficile l'intenderne la ragione qualor si rifletta, che la quantità di moto di un corpo, ossia l'impeto, mercè di cui supera egli la resistenza che gli si oppone, è il prodotto della propria massa per la sua velocità, come dimostreremo in appresso; ond'è poi, che, date in due corpi le velocità uguali, quello di maggior massa avrà una maggiore quantità di moto, e conseguentemente farà uno sforzo più efficace per vincere la resistenza dell'aria, cosicchè giugnerà a terra più prontamente. Per la ragione medesima, avendo un corpo maggior volume di un altro, ma ugual massa con quello, qualor le velocità sieno uguali in ambidue, si uguaglieranno eziandio le loro quantità di moto; ma il più voluminoso poggiando su di un maggior volume di aria, avrà maggior resistenza da superare, e quindi arriverà a terra più tardi.

74. Dalle cose dichiarate nel §. antecedente, può rilevare il suo errore chiunque dall'aver veduto, che una libbra di piombo ed un pezzettino di carta cadono con ugual velocità sul fondo di un recipiente voto della Macchina Pneumatica (§. 71), si fosse immaginato che siffatti due corpi dovrebbero produrre perciò il medesimo effetto in virtù della loro percossa. Imperciocchè quan-

(1) Perchè la resistenza che oppongono i fluidi ai solidi immersi, cresce a misura che crescono i volumi occupati dal solido, ed a misura che cresce la densità del fluido compresa sotto lo stesso volume; questa è la ragione per la quale i matematici calcolano la resistenza dei solidi immersi nei fluidi, pel prodotto del volume nella sua densità.

quantunque le velocità sieno uguali in ambidue, pure la quantità di materia essendo assai maggiore in una libbra di piombo che in un pezzettino di carta, la quantità di moto di quella dev'esser molto maggiore della quantità di moto di questo, e quindi i loro effetti debbono esser diversi (1); dimanierachè la libbra di piombo sarà valevole a sfrantumare una palla di vetro, o altro corpo simigliante, il quale non sarà in verun modo danneggiato dalla carta.

75. Essendo la forza di Gravità, siccome abbiain detto (§. 69), quasichè accumulata nel centro della Terra, d'onde poi si diffonde tutt'intorno secondo la direzione di altrettanti raggi tirati dal centro stesso; ne siegue per conseguenza, che tutt'i corpi, i quali facciano cadere libramente dall'alto, vengono giù in direzioni perpendicolari alla superficie terrestre, tale essendo la direzione de' raggi prolungati al di là della superficie medesima, siccome apparisce dalla qui annessa figura. Questa verità, ch'è fondata sulla supposizione di esser la Terra perfettamente sferica, ha bisogno di qualche modificazione, sul riflesso ch'essendo la Terra uno sfetioide schiacciato ne' Poli, e sollevato nell'Equatore, siccome osserveremo a suo luogo, costesti raggi perpendicolari alla sua superficie non si vanno a riunir tutti nel centro mentovato. Avuto però riguardo alla picciolezza di sì fatta differenza, i Fisici senza tema di errare si valgono comunemente della supposizione della perfetta sfericità del nostro Globo.

76. Lo stabilimento di questa verità ne trae seco un'altra per legittima conseguenza; qual è quella, che la
for-

Tav. I.
Fig. 3.

(1) Ciò deriva dalla forza d'inerzia, poichè, quanto più di materia, e quanto più di velocità ha un corpo, tanto più resiste a perseverare nel suo stato, ossia ha un empito maggiore, come lo chiamano nella Meccanica o scienza del moto. Perciò si computa l'empito, o quantità del moto momentaneo pel prodotto della massa nella velocità.

forza di Gravità è nella ragione inversa del quadrato delle distanze; che val quanto dire, ch'ella si va scemando a misura che cresce la distanza dal centro attraente, moltiplicata per se medesima. Quindi è, che un corpo, il quale alla distanza, per esempio, di un piede era tratto con 24 gradi di forza, viene solamente tratto colla quarta parte di detta forza alla distanza di due piedi, colla nona parte alla distanza di tre piedi, e colla sedicesima alla distanza di quattro piedi; essendo 4 il quadrato di 2, 9 il quadrato di 3, e 16 quello di 4. Su questo fondamento calcolò il Newton, che un corpo, il cui peso sulla superficie della nostra Terra fosse di 3600 libbre, non peserebbe che una libbra sola nella Luna, la cui distanza dalla Terra è di 60 semidiametri terrestri (1); e quindi che il detto corpo lasciandosi di là liberamente cadere, sul bel principio del suo movimento discenderebbe per tanto spazio in un minuto primo,

(1) Essendo la gravità in ragion inversa dei quadrati delle distanze, sarà la gravità d'un corpo posto in vicinanza della superficie della Terra, che chiamo G, alla gravità dello stesso corpo trasportato in vicinanza della superficie della Luna, che chiamo g, come il quadrato della distanza della Luna dal centro della Terra al quadrato del semidiametro della Terra. Ora la distanza dal centro della Terra alla Luna è di 60 semidiametri terrestri all'incirca; dunque avremo questa analogia $G : g :: 60^2 : 1^2 :: 60 \times 60 : 1 :: 3600 : 1$; Dunque la gravità di un corpo posto in vicinanza della superficie della Terra è 3600 volte maggiore della gravità dello stesso corpo trasportato in vicinanza della superficie della Luna, cioè, quando si trova in vicinanza della Luna non è che una parte di 3600, ossia $\frac{1}{3600}$. Dunque se G rappresenta un corpo del peso di 3600, e sia $g = x$, si avrà $3600 : x :: 60 \times 60 : 1$, cioè, come il quadrato della distanza della Luna al centro della Terra al quadrato d'un solo semidiametro terrestre; onde si avrà $3600 \times 1 = x \times 60 \times 60$, oppure $\frac{3600 \times 1}{3600} = x \frac{60 \times 60}{3600}$, cioè, $1 = x = g$, gravità dello stesso corpo posto in vicinanza della superficie della Luna.

mo, quanto ne scorrerebbe in vicinanza della Terra nell'intervallo di un secondo (1). Questa è la legge, con cui veggonsi scemare tutte quelle virtù, che a guisa di tanti raggi diffondonsi all'intorno da un centro verso di una circonferenza; siccome si avvera nella luce, nel calore, nel suono, negli odori, ed in altre qualità sensibili di simigliante natura. Ed in fatti facendosi i raggi più divergenti a misura che si allontanano dal centro; una forza, che nella direzione di quelli si diffonde, deve esser più concentrata e più vigorosa in una picciola sfera che in una maggiore. Ma le superficie delle sfere sono come i quadrati de' loro raggi. Dunque la detta forza sarà più dispersa, e conseguentemente la sua efficacia si renderà minore, a misura che crescerà il quadrato del

rag-

Tav. 25-
cinqua
Fig. 2.

(1) Il tempo periodico della Luna, cioè, l'intera sua rivoluzione intorno alla Terra, si fa in giorni 27, ore 7, minuti 43 (si omettono i 12 secondi per brevità), ossia in minuti primi 39343; onde per aver un arco corrispondente ad un minuto primo, si faccia così: come il tempo ridotto in minuti primi impiegato a percorrere l'intera circonferenza alla circonferenza ridotta in minuti secondi, come un minuto primo all'arco che gli corrisponde, ma diviso in minuti secondi, cioè, 39343: 360X60X60:: 1': 32" 56". Sia questo l'arco LM dell'orbita lunare MLO, sia C il centro della terra, si concepisca tirata la LN tangente, e prolungata CM fino in N, e finalmente si tiri ME perpendicolare ad LC.

Se il corpo in L non obbedisse che alla sola forza di proiezione, andrebbe per la tangente LN, ma è anche attratto verso il centro; dunque deve giungere in un altro punto M sotto la detta tangente; e perciò NM (§. 187) rappresenterà l'effetto dell'attrazione al centro che non differisce da LE che di una quantità inassegnabile. Ora abbiamo $NM = NC - MC$, cioè, eguale all'ipotenusa meno il raggio dell'orbita lunare ch'è di .60 semidiametri terrestri che sono piedi parigini 1,180,612,300. Inoltre, CN si può considerare anche come seno tutto, ed allora CE sarà coseno dell'angolo LCN (per la Trigon.); dunque in questo caso NM è la differenza tra il seno tutto ed il coseno eguale prossimamente ad LE, che coll'aiuto delle tavole trigonometriche si trova per un arco di 32" 56" di 12754 di quelle parti del raggio diviso in un bilione. Ora si faccia, raggio a

sc-

raggio ossia della distanza dal centro della sfera; che val quanto dire, che sarà nella ragione inversa del quadrato della distanza medesima. Tutto ciò si renderà più manifesto dall'annessa figura in cui supporremo, che FAG rappresenti una porzione di cotesta forza, diffusa alla guisa di un cono dal centro A . E' chiaro, che l'energia della medesima nelle distanze AB , AD , AF , sarà inversamente come le superficie BaC , DbE , FHG ; scorgendosi ad evidenza, che i raggi AF , AI , AH , AK , AG , per cui essa si diffonde, sono poco divergenti in BC , un poco più in DE , ed assai più in FG . Ma siffatte superficie sono come i quadrati de' loro diametri oppur de' loro raggi Aa , Ab , AH , che rappresentano le distanze dal centro A . Dunque non v'ha

Tav. I.
Fig. 1.

seno verso di un angolo o arco di $32^{\circ}56''$ come il semidiametro della Luna all'effetto dell'attrazione espresso per LE , cioè, 1,000,000, 000,000 : 11,154 : : 1,180,612,300 : $x = 15\frac{1}{12}$ incirca = A .

Cerchiamo adesso lo spazio percorso da un corpo in vicinanza della superficie della Terra in un minuto primo. Si sa dalle leggi del moto *quasiimente accelerato*, come si vedrà fra poco, che gli spazi percorsi sono come i quadrati dei tempi impiegati a percorrerli: onde sarà il quadrato di un minuto secondo, al quadrato di un minuto primo, cioè, di $60''$, come lo spazio percorso in un minuto secondo, che dagli sperimenti risulta essere $15\frac{1}{12}$ allo spazio percorso in $60''$, cioè, in un minuto primo, ossia, $1'' : 60'' \times 60'' :: 15\frac{1}{12} : 15\frac{1}{12} \times 60'' \times 60''$.

Ora essendo la gravità in duplicata inversa delle distanze, si avrà il quadrato della distanza della Luna al quadrato del raggio terrestre, come l'effetto della gravità sulla Terra all'effetto della gravità sulla Luna, nello stesso tempo di un minuto primo, cioè,

$60 \times 60 : 1 :: 15\frac{1}{12} \times 60'' \times 60'' : 15\frac{1}{12} \times 60'' \times 60'' = 15\frac{1}{12}$; onde se la gra-

vità è in duplicata inversa delle distanze, si trova l'effetto della gravità della Luna $15\frac{1}{12} = A$ come prima; dunque gli effetti della gravità nel medesimo tempo e nella Terra e nella Luna riconoscono la medesima

ma

v'ha dubbio, che la mentovata forza sia nella ragione inversa de' quadrati delle dette distanze (1).

77. Riguardo poi alla Gravità di quei corpi che trovansi internati nel nostro Globo, in qualsivoglia punto fra la sua superficie e il centro, si è dimostrato da Newton, che la detta forza è in ragione diretta della distanza dal centro, vale a dire che va scemando nella ragione del raggio; dimodochè, supponendo che il semidiametro terrestre sia di 4 mila miglia, una palla di can-

na legge, e perciò la medesima causa, cioè, la gravità della Luna non è che la gravità della Terra diminuita nella ragione che cresce il quadrato della distanza; ed in fatti l'effetto della gravità alla Luna in un minuto primo $\approx 15 \frac{1}{12}$, l'effetto della gravità alla Terra nello stesso tempo $\approx 15 \frac{3}{12} \times 60'' \times 60''$, e sono questi in duplicata inversa delle distanze, cioè, $15 \frac{1}{12} : 15 \frac{3}{12} \times 60' \times 60'' : 1 : 60 \times 60$, e perciò $15 \frac{1}{12} \times 60 \times 60 \approx 15 \frac{1}{12} \times 60'' \times 60''$.

Se questa legge non ha tutta l'esattezza nella Natura, dipende perchè la Luna si muove in una curva che non è regolare, e non in un cerchio come abbiamo supposto, e perchè non tende veramente al centro della Terra, e per varj altri motivi che questo non è il luogo di esaminare.

(1) Per dare una maggior forza ad una verità di tanta importanza nella Fisica, sia $ABRC$ un settore sferico tagliato in M con una sezione MGN parallela alla base ABR .

La gravità si diffonde per raggi, ed è proporzionale al numero dei raggi, o quantità di materia ch'essi contengono. Ma nella superficie MGN si trova un egual numero di raggi diffusi dal centro C , che si trova nella superficie ABR ; dunque la gravità è la medesima tanto nella superficie ABR , quanto nella superficie MGN . Essendo dunque la medesima la gravità nell'una e nell'altra di queste superficie, è chiaro che gli effetti o l'energie di essa staranno come le densità, cioè, chiamando G la forza di gravità del triangolo piccolo, e g quella del grande, si avrà $G : g :: D : d$; ma le densità sono in ragion inversa dei volumi, poichè crescono a misura ch'essi calano, ossia, in ragion inversa dei triangoli; dunque la forza di gravità in MGN a quella in ABR starà come il triangolo ARB al triangolo MGN ; ma poichè questi triangoli sono simili, staranno come i quadrati dei lor omologhi, ed

annone, il cui peso fosse di 36 libbre sulla superficie della Terra, non ne peserebbe che 18 alla profondità di 2 mila miglia, e solamente 9 nella distanza di mille miglia dal centro (1), ove giunta resterebbe affatto priva di Gravità. La ragione di ciò si è, che a misura che un corpo si va internando dentro la Terra, gli strati terrestri che gli sovrastano, non hanno più veruna azione sopra di esso per trarlo giù; sicchè scemandosi la massa della materia attraente, vien si a scemare parimente la forza della Gravità.

TOM. I.

E

78. Non

avremo quest' analogia, $MGN : ABR :: \overline{AB}^2 : \overline{MN}^2$. Ora per la similitudine degli altri triangoli ABC, MNC, si ha $AB : MN :: AC :$

MC , ed anche $\overline{AB}^2 : \overline{MN}^2 :: \overline{AC}^2 : \overline{MC}^2$; dunque $MGN : ABR ::$

$\overline{AC}^2 : \overline{MC}^2$; ma era $MGN : ABR :: G : g$; dunque $G : g ::$

$\overline{AC}^2 : \overline{MC}^2$, cioè, la forza di gravità in ragion inversa del quadrato della distanza.

Scolio. Se si fosse supposto trasportato il triangolo MGN in ABR rappresentato da pBx, si sarebbe forse più chiaramente veduto, che la forza di gravità d'un triangolo all'altro deve stare inversamente come il quadrato della distanza.

(1) Lemma. Un corpo P internato nel globo EFE, in quel punto in cui si trova, non prova alcuna forza di gravità relativamente a tutti i punti compresi nell'anello che circonda la sfera interna PRP, ossia, da tutte le parti di questo anello soffre un' eguale pressione. Tav. 29.
Fig. 4.

Dimostrazione. Dal centro C coll'intervallo CP s'intenda descritta una sfera interna. Indi si tirino le rette ad, bc, come pure le corde ab, cd che sottendano archi minimi, e poco differenti da queste corde. Risulteranno due triangoli simili abP, cdP, e perciò avremo la seguente proporzione, $ab : cd :: bP : dP$; che se dal punto P si concepiscano tirati infiniti raggi agli archi minimi ab, cd, ne risulteranno due piramidi simili, le cui basi ab, cd saranno come i quadrati dei loro diametri, cioè, come $\overline{ab}^2 : \overline{cd}^2$, ovvero, come $\overline{bP}^2 : \overline{dP}^2$ per la precedente analogia. Se dunque queste basi rappresentano il numero dei punti attraenti, ossia, la quantità di gravità, sarà allora la forza di gravità, ossia, la massa attraente dalla parte ab alla massa

al-

78. Non ostante però la diminuzione della Gravità al disopra della superficie a misura che si accresce il quadrato delle distanze; quando si tratta di distanze poco considerabili, come di uno o due miglia, attesa la grande sproporzione che v'ha fra cotesto intervallo e il semidiametro terrestre, si suppone generalmente da' Fisici senza tema di errare, che la Gravità de' corpi sia la medesima in tutt'i punti frapposti fra la detta distanza e la superficie della Terra. Sulla qual supposizione sono fondati parecchi teoremi che riguardano le leggi del-

attraente dalla parte cd , come $bP^3 : dP^3$. Ora abbiamo pel Corollario alla nota del §. 76 $G = \frac{M}{D^2}$, cioè, la gravità proporzionale alla diretta della materia, ed alla inversa del quadrato della distanza; dunque sostituendo, sarà la gravità in ab alla gravità in cd come $\frac{ab^3}{PE^3} : \frac{cd^3}{PF^3}$, ovvero, per la precedente proporzione, come $\frac{bP^3}{PE^3} : \frac{dP^3}{PF^3}$; ma $PE^2 = bP^2$ come $PF^2 = dP^2$, poichè abbiamo supposti gli archi estremamente piccioli; dunque nella precedente analogia, fatta la sostituzione, si avrà la gravità in ab alla gravità in cd , come $\frac{bP^3}{bP^2} : \frac{dP^3}{dP^2} :: 1, 1$, cioè, in ragion d'eguaglianza; dunque la gravità è eguale sì da una parte che dall'altra; ma trasportando il punto P in ognuno dei punti della circonferenza della sfera PRP , risulta la stessa legge; dunque in ognuno di quei punti non soffre dall'anello alcuna pressione; tutta dunque l'attrazione che soffre, appartiene alla sfera PR , come dovea dimostrarsi.

Teorema. La gravità d'un corpo tanto posto sulla superficie che al di dentro d'una sfera è in ragion diretta della sua distanza dal centro.

TAV. 25.
Fig. 5.

Dimostrazione. I. Sieno due sfere omogenee A ed a , nella superficie delle quali esistano due punti X, Y , attratti ai loro centri rispettivi. Sia la massa della sfera $A = M$, quella della sfera $a = m$, il raggio della prima $= D$, e quello della seconda $= d$. Sarà la forza attraente della sfera A alla forza attraente della sfera a (supponendo tut-

della caduta de' gravi, siccome osserveremo a miglior luogo (1).

79. Vuolsi badare a non confondere la Gravità di un corpo col suo peso, per esser quella non altro che la

E 2

for-

tutta la forza delle loro gravità raccolta nel centro) come $\frac{M}{D^2} : \frac{m}{d^2}$

pel corollario alla nota del §. 76. Ma in questo caso le distanze sono i raggi, cioè, $D = R$, e $d = r$; dunque la forza attraente della

sfera A alla forza attraente della sfera a, come $\frac{M}{R^2} : \frac{m}{r^2}$; ma per le

proprietà delle sfere (prop. 16 l. 12 Eucl.) $M : m :: R^3 : r^3$; dunque la forza attraente della sfera A alla forza attraente della sfera

a, come $\frac{R^3}{R^2} : \frac{r^3}{r^2}$, cioè, cancellando i termini uguali sì nel numera-

tore che nel denominatore, come $R : r$, onde le forze attraenti di due corpi situati nella superficie di due sfere omogenee, sono come i raggi delle rispettive sfere, il che doveasi dimostrare quanto alla prima parte.

II. Suppongasi adesso la sfera a internata nella sfera A. Il punto Y non deve soffrire alcuna pressione dall'anello superiore pel lemma precedente; dunque sarà attratto al centro come si trovasse nella superficie d'una sfera; ma in questo caso la sua forza attraente è proporzionale alla diretta della distanza dal centro per la prima parte; dunque la forza attraente del punto Y internato nel globo sta come la diretta della distanza dal centro, ciò che dovevamo dimostrare in secondo luogo.

Corollario I. Dunque la massima attrazione d'un corpo è sulla superficie, e internandosi va scemando in proporzione che si avvicina al centro.

Corollario II. Dunque un corpo posto nel centro non soffre alcuna attrazione, poichè allora la sua distanza è evanescente o nulla.

(1) Essendo la gravità in ragione inversa del quadrato della distanza (§. 76), ed essendo la direzione dei gravi perpendicolare all'orizzonte (§. 75), ragionerebbe a rigore chi da queste osservazioni volesse dedurre, che la gravità d'un corpo ad una certa altezza della superficie è minore di quella dello stesso corpo in vicinanza della medesima superficie, e che le direzioni dei gravi sono convergenti; per altro la distanza quasi immensa del centro della Terra alla sua superficie

cie

to di riguardar la Terra qual calamita di enorme grandezza, la quale mercè d'un immenso numero di piccioli atomi adunchi, che immaginò diffondersi dal suo seno, traesse a se con gran forza ogni sorta di corpi. Una idea però fondata interamente su di una semplice immaginazione aver non potea a'tempi nostri un numeroso stuolo di seguaci, e quindi andar dovea immancabilmente in disuso. La Scuola Cartesiana tien ferma opinione d'esser la Gravità l'effetto di un vortice enorme di fluido sottilissimo, il quale movendosi rapidamente intorno alla nostra Terra giusta la direzione dell'Equatore, spigne i corpi a se sottoposti ed in esso racchiusi con notabile forza verso il suo centro, siccome credono avvenir di fatti alle bolle di aria o ad altri corpi leggieri, collocati entro un globo di cristallo ripieno di acqua; i quali nell'atto che fassi quello rapidamente girare intorno a se stesso, veggonsi portati ad occupare il suo centro. Altri Fisici all'opposto considerando seriamente, che l'esistenza del preteso fluido Cartesiano è del tutto ipotetica (§. 17), e che quand'anche realmente esistesse nel modo immaginato, neppur dovrebbero i corpi tendere al centro della Terra, giacchè nel rammentato sperimento del globo di cristallo i corpicciuoli ivi racchiusi vannosi tutti a collocare lungo il suo asse, e non già nella direzione del centro cui costantemente sieguono i gravi; son portati a credere, che i medesimi tendono a cader giù in forza d'una legge generale provvidamente stabilita dal sapientissimo Autor dell'Universo, senza di cui sarebbero eglino efficacemente sbalzati lungi dal lor centro, e quindi dispersi qua e là senz'ordine e senza regola, per virtù della forza centrifuga, originata dal moto della Terra. Or comechè siffatta opinione sia certamente fra tutte la più verisimile, volendo parlar tuttavolta con ingenuità filosofica, uopo è confessare, che siamo affatto all'oscuro intorno alla vera natura di cotesta forza, e che i più sublimi Filosofi non sono su di ciò più veggenti del volgo. Di
fat-

fatti il gran Newton non osò giammai di dichiarare il suo sentimento intorno a tal punto, contentandosi di aver conosciuti gli effetti della forza in quistione, e di aver felicemente indagate le leggi ond' essa li produce.



LEZIONE II.

Sul Moto.

81. **A**ltro non si è fatto fin qui, se non se richiamare ad un breve esame quelle tali proprietà, le quali convenendo universalmente alla Materia, faceva assolutamente mestieri che se ne acquistasse una giusta idea, per ben intender le dottrine che sarem per esporre. Facciamoci ora a considerare un poco quelle leggi ammirabili, mercè di cui la Materia provveduta delle anzidette proprietà cagiona l'infinita e stupenda serie di que' fenomeni, che ci fanno scorgere l'ordine sapientissimo e la regular connessione fra tutto ciò ch'esiste nell'Universo. E poichè tutte siffatte cose vengonsi ad eseguire in virtù del moto, ragion vuole che il nostro esame prenda da esso il suo cominciamento.

ARTICOLO I.

Del Movimento in generale, e delle sue diverse specie.

82. **E**gli è affatto inutile il porsi a rifiutare gli argomenti di Diodoro Crono oppur di Zenone, i quali facendo pompa di studiati sofismi, sforzaronsi di provare la non esistenza del moto; essendo noi generalmente persuasi, che i corpi *passando successivamente per diverse parti dello spazio, trasferisconsi realmente da un luogo ad un altro*. Questo è ciò che dicesi *Movimento*. Per potersi formare una giusta idea della sua natura, uopo è considerarlo sotto due aspetti diversi; cioè a dire nella natura dello spazio che viene scorso dal inobile, e nel rapporto

per-

porto di siffatto spazio al tempo che il mobile impiega nello scorrerlo. Avendo riguardo alla natura dello spazio, può il medesimo rappresentare una linea retta, oppure una curva; e quindi nasce l'idea del moto *rettilineo*, ovvero del *curvilineo*, secondochè il mobile si concepisce scorrere per uno spazio che rappresenta una linea retta, ovvero una curva. Se poi si badi al rapporto che lo spazio corso dal mobile ha al tempo che ci ha quello impiegato nello scorrerlo, si avrà l'idea del moto *uniforme* ossia *equabile*, e del moto *difforme* ossia *variabile* (1). Si dirà uniforme quando il mobile descriverà spazi uguali in tempi uguali; laddove si dirà variabile nel caso che il mobile scorra, per esempio, in un istante, maggior quantità di spazio che in un altro. Il moto dell'indice de' minuti di un oriuolo, che suppongasi andar perfettamente bene, riputar si dee uniforme, siccome quello che impiega sempre l'intervallo di un'ora per descrivere l'intero giro del quadrante. Al contrario il moto di una Nave, nell'atto che la forza del vento che la spigne si va scemando a gradi, dicesi variabile; imperciocchè se nell'intervallo della prima ora avrà scorso lo spazio di cinque miglia, nella seconda ora e nella terza non ne scorrerà che uno o due.

83. Questa varietà di movimento può farsi in due maniere; cioè a dire, o perchè il mobile impiega maggior tempo nello scorrere la stessa quantità di spazio che ha scorso nel primo istante, o perchè impiega tempo minore. Nel primo caso il moto si dirà *ritardato*, e nel secondo *accelerato*; e siccome siffatta diminuzione, oppure siffatto accrescimento di celerità far si possono in una maniera uniforme, così il movimento dirassi *uniformemente ritardato*, o *uniformemente accelerato*.

84.

(1) Poichè se questo rapporto è sempre costante, vale a dire, se cresce e cala lo spazio come cresce e cala il tempo con la stessa legge, il moto è equabile; mentre all'opposto è variabile quando è interrotta questa legge.

84. Dal rapportare la quantità dello spazio scorso al tempo impiegato nello scorrerlo, nasce l'idea della *Velocità*; dicendosi che un corpo è più veloce di un altro, per aver quello impiegato minor tempo di questo per iscorrere lo stesso spazio. La Velocità dunque si può definire, essere una proprietà del moto, mercè di cui un corpo scorre un dato spazio in un dato tempo.

85. Come la miglior maniera per concepire il Tempo si è quella di ridurlo alla considerazione del moto, così fra le varie specie di movimento il moto equabile è quello che ci rappresenta nella maniera più naturale non men l'idea del Tempo, che l'esatta sua misura, siccome quello che si concepisce scorrer sempre equabilmente.

86. Oltrechè porta qui il pregio di osservare, che il moto equabile vien cagionato da un solo e semplice impulso; qual sarebbe, per esempio, quello della polvere accesa in un cannone, per virtù del cui impeto la palla spinta fuori si muoverebbe con un moto equabile, nel caso che si rimuovessero tutti gli ostacoli, e la palla stessa fosse priva di gravità. Il moto accelerato per lo contrario vien prodotto da un impulso, che prosiegue costantemente ad operare sul mobile; com'è appunto la mentovata forza di gravità, siccome osserveremo in appresso.

87. V'è finalmente un'altra maniera di poter considerare il moto; e questa consiste, o nell'aver riguardo unicamente al luogo assoluto, che dal corpo si occupa, o nel paragonare un tal luogo con quello che si occupa da un altro corpo. Da questi due differenti riflessi viene originata la divisione del moto in *assoluto e relativo*. Un uomo, per esempio, ch'è a bordo di una nave che velleggia, dicesi muoversi assolutamente, se si badi soltanto al luogo che la nave, in cui egli si ritrova, va cambiando in ogn'istante; laddove si dice muoversi relativamente, qualora si rifletta alla distanza che va di mano in mano crescendo, o scemando, fra il luogo in cui egli

egli è, e gli oggetti che stanno sul lido. Quel che si è detto del moto, intender si dee parimente della quiere, che dicesi in simil guisa *assoluta*, o *relativa*; e che combinata col moto delle stesse denominazioni, ci offre delle nozioni più particolari, riguardanti la dottrina di cui si ragiona. Di fatti un uomo che stia seduto dentro di una carrozza tirata attualmente da cavalli, comechè stia in riposo rispettivamente alle parti della carrozza, si muove però assolutamente, passando di continuo da una parte dello spazio in un'altra. Questo è lo stato di coloro che trovansi seduti sulla Terra: sono eglino relativamente in riposo, nell'atto che muovonsi assolutamente, per cagion del sito che la Terra fa loro cambiare nel vasto spazio mondano per virtù del suo giornaliero ed annuo movimento. Colui d'altra parte, che si ponesse a viaggiare dall' Occidente verso l' Oriente, verrebbe a muovere non meno assolutamente, che relativamente; imperciocchè nell'atto ch' egli cangerebbe luogo in rapporto agli oggetti terrestri col suo moto particolare, muterebbe anche il luogo assoluto per cagion del moto della Terra secondo la stessa direzione. Finalmente se potesse scorrere il terrestre equatore nello spazio di un giorno, andando da Levante verso Ponente, starebbe egli assolutamente in riposo, e si muoverebbe con moto relativo; conciossiachè quantunque muterebbe sempre luogo per rapporto agli oggetti terrestri coll' andar da Levante verso Ponente, pure aggirandosi la Terra con moto contrario nello stesso intervallo di 24 ore, non gli farebbe giammai cambiare il luogo assoluto (1).

88. E' cosa agevolissima il dedurre alcune altre interessanti conseguenze dalle idee del moto relativo. Può un mobile considerato rispettivamente ad un altro, muo-

ver-

(1) Ciò è vero se si considera solamente il suo moto intorno all' asse senz'aver riguardo al suo moto annuo, ossia di rivoluzione intorno al Sole, mercè del quale ogni giorno percorre un grado all'incirca.

versi o secondo la medesima direzione con quello, o secondo direzioni contrarie. Si nell'uno, che nell'altro caso, non si può percepire da noi la vera velocità; giacchè nel primo si percepisce soltanto la differenza che passa fra la velocità dell'uno, e quella dell'altro; nel secondo si percepisce la somma di ambidue. Questa è la ragione, per cui la velocità relativa dicesi anche *apparente*, a differenza dell'assoluta che si denomina *velocità vera*. Per rischiarare questa verità con un esempio, supponghiamo che due amici partano da Napoli per andare a Portici in due differenti carrozze, una delle quali essendo più veloce, scorra lo spazio di cinque miglia in un'ora, e l'altra quello di tre. E' chiaro che rapportando il moto della prima carrozza a quello della seconda, colui ch'è dentro la prima, non si accorgerà di avere scorso cinque miglia a capo di un'ora; nè quegli ch'è nella seconda, si accorgerà di averne scorso tre; ma l'uno e l'altro percepiranno soltanto la differenza di due miglia, che passa fra le loro velocità; che val quanto dire, che la persona della prima carrozza si accorgerà di avere avanzata la carrozza di dietro di due miglia; e la persona della seconda, di essere discosta per due miglia all'indietro dalla prima. Dal che apparisce, che la velocità relativa di due corpi che si muovono secondo la stessa direzione, si percepisce sempre minore della vera.

89. Nel caso poi, che la detta differenza di velocità non ci fosse, i due corpi in movimento, i quali si rapportano l'uno all'altro, sembrerebbero a vicenda di essere in riposo. Questo è il caso di due carrozze, oppure di due navi, che colla stessissima velocità procedono innanzi, l'una accanto all'altra, secondo la medesima direzione. Così due persone che fossero racchiuse in una carrozza, o in una nave, senza riguardare gli oggetti esteriori, crederebbero di stare in riposo, quantunque la nave, o la carrozza si muovesse velocemente. Questa è finalmente la ragione, per cui quantunque la Terra si rivolga costantemente intorno al suo asse nello spazio di

24 ore; pure non ci accorgiamo del suo movimento; imperciocchè facendo noi parte della Terra, ed essendo trasportati all'intorno colla medesima, non v'ha fra essa e noi veruna differenza di velocità; e quindi possiam dire di essere in un relativo riposo.

90. Per lo contrario se una delle mentovate carrozze partendo da Portici, e l'altra da Napoli, andassero all'incontro l'una dall'altra colle supposte velocità di 5 e di 3 (§. 88); ad ambidue coloro, i quali troverebbonsi dentro coteste carrozze, apparirebbe di muoversi colla velocità di otto, ch'è la somma di tutt' e due le velocità. Ciocchè fa vedere, che la velocità relativa di due corpi, che si muovono in direzioni contrarie, comparisce sempre maggiore della vera. Ecco la ragione, per cui passando talvolta in carrozza a lato di un'altra, che si muove in direzione opposta, ci sembra che quella corra assai velocemente; ond'è, che per avere la velocità vera della medesima, convien sottrarre dalla velocità d'entrambe quella della nostra. In simil guisa correndo contro il vento, che altro non è che un volume d'aria in moto; oppur navigando verso il Nord quando la marea corre verso il Sud, risentiamo la loro velocità e la loro forza, assai maggiori di quelle che sono in realtà. Abbiassi dunque per fermo, che la velocità vera e reale non si può giustamente da noi percepire, se non quando siamo in un assoluto riposo.

ARTICOLO II.

Del Moto equabile, ossia uniforme.

91. **F**ra le varie specie di moto antecedentemente annoverate, il movimento equabile, ossia uniforme, è il più semplice fra tutti, variando gli altri in infinite maniere a norma della diversità delle circostanze. Uopo è rifletter però, che il moto medesimo quantunque si concepisca agevolmente col mezzo dell'immaginazione, non
sie-

siegue forse giammai in natura, per cagione del gran numero e della gran varietà degli ostacoli che tendono a disturbarlo di continuo. Ciò non ostante porta il pregio di rapportare qui alcuni pochi teoremi che lo riguardano, i quali esser possono, anzi sono effettivamente, di grandissimo uso in parecchie occorrenze (1).

92. Il primo di cotesti teoremi si è, che nel movimento uniforme il tempo si accresce a misura che si aumenta lo spazio; laddove si diminuisce a misura che cresce la celerità. Dal che ne siegue, che in siffatto mo-
to

(1) Prima di passare alla dimostrazione dei seguenti teoremi, premettiamone per fondamento una ragionata spiegazione del valor della velocità, considerato espresso pel quoto dello spazio diviso pel tempo.

La velocità d'un corpo posto in moto è la sua maggiore, o minore rapidità con la quale percorre uno spazio in un dato tempo. La velocità dunque non si può calcolare se non che confrontando lo spazio percorso col tempo impiegato a percorrerlo. Se alcuno vi dirà che Tizio ha percorso uno spazio di diecimiglia sempre con moto uniforme ed eguale, senza dirvi il tempo che ha impiegato a percorrere questo spazio, voi non avrete idea della celerità di Tizio. Parimente se saprete che Tizio ha camminato d'un passo equabile per tre ore continue, ma non saprete lo spazio che in questo tempo ha percorso, non potrete formarvi idea della sua velocità. *La velocità dunque è l'esponente dello spazio percorso diviso pel tempo impiegato a percorrerlo.* Quanto maggiore è lo spazio, e minore il tempo, tanto è maggiore la velocità. Quanto è minore lo spazio, e maggiore il tempo, tanto è minore la velocità. Ma sappiamo dalla natura e proprietà dei rotti, che l'esponente, o il valore d'una frazione è tanto maggiore, quanto è maggiore il numeratore, e minore il denominatore, e ch'è tanto minore, quanto è minore il numeratore, e maggiore il denominatore; dunque la velocità può essere espressa pel valore d'una frazione che abbia per numeratore lo spazio, e per denominatore il tempo; e perciò chiamando V una velocità qualunque, S lo spazio corrispondente, e

T il tempo, sarà sempre $V = \frac{S}{T}$, e per un'altra velocità nata dal confronto d'un altro spazio e tempo, sarà $v = \frac{s}{t}$. Con questa formula generale della velocità, si dimostrano e si calcolano con somma facilità tutte le rispettive velocità dei corpi, come vedrassi in seguito.

to il tempo è nella ragion composta dalla diretta dello spazio, e dall'inversa della celerità (1).

93. Il secondo teorema è questo. La velocità si aumenta a misura che si aumenta lo spazio, ma si scema con accrescere il tempo. Dunque nel moto uniforme la velocità è nella ragion composta dalla diretta dello spazio, e dall'inversa del tempo (2).

94. Finalmente l'ultimo teorema si è, che lo spazio si accresce sì per virtù dell'aumento del tempo, che di quello della velocità. Per la qual cosa lo spazio riputar si dee nella ragione composta dalla ragion diretta, non meno del tempo, che della velocità (3).

95. Quindi ne siegue per legittima conseguenza, 1.^o che movendosi due corpi uniformemente durante lo stesso intervallo di tempo, gli spazj da essi descritti saranno nella ragione delle loro velocità; talmentechè correndo due cavalli con moto uniforme per lo spazio di un' ora, ed uno di essi andando con sette gradi di velocità, e l'

(1) Si ha (§. 91) $V = \frac{S}{T}$, e $v = \frac{s}{t}$; dunque moltiplicando la prima equazione per T , e dividendola per V , e moltiplicando la seconda per t , e dividendola per v , si avrà $T = \frac{S}{V}$, e $t = \frac{s}{v}$, delle quali equazioni fatta una proporzione, si avrà $T : t :: \frac{S}{V} : \frac{s}{v}$; e moltiplicando la seconda ragione prima per V , e poi per v , si avrà $T : t :: Sv : vV$, cioè, i tempi sono nella composta della diretta degli spazj e dell'inversa delle velocità.

(2) Abbiamo (§. 91) $V = \frac{S}{T}$, ed $v = \frac{s}{t}$; dunque $V : v :: \frac{S}{T} : \frac{s}{t}$; e moltiplicando la seconda ragione prima per T e poi per t , si avrà $V : v :: St : sT$, cioè, le celerità sono nella ragion composta della diretta degli spazj e dell'inversa dei tempi.

(3) Essendo (§. 91) $V = \frac{S}{T}$, ed $v = \frac{s}{t}$, sarà anche moltiplicando la prima equazione per T , e la seconda per t , $VT = S$, ed $vt = s$, le quali nuove equazioni ridotte in proporzione danno $S : s :: VT : vt$, cioè, gli spazj sono nella composta delle dirette delle velocità e dei tempi.

e l'altro con cinque; il primo scorrerà sette miglia, e l'altro ne scorrerà cinque (1).

96. In secondo luogo, nel caso che due corpi, procedendo con moto uniforme, abbiano la medesima velocità, gli spazj, che da essi si scorreranno, saranno fra loro come i tempi. Ciò è il rovescio dell' antecedente; ed è facile l'adattare ad esso l'esempio rapportato (2).

97. In terzo luogo finalmente, se due corpi scorrono lo stesso spazio con moto uniforme, i tempi, che v'impiegheranno, saranno nella ragione inversa delle loro velocità. Così nel caso che due cavalli correndo uniformemente, corrano ambidue lo spazio di venti miglia; e la velocità di uno sia a quella dell' altro come 3 a 4; il primo v'impiegherà l'intervallo di quattr' ore, e l'altro, quello di tre (3).

98. Dalle quali cose si deduce, che qualora sieno date due delle rapportate quantità, che abbiain detto essere lo spazio, il tempo e la velocità, ci viene ad esser nota

(1) Abbiamo (§. 93) $V: v :: S: s$, ma $t = T$ per ipotesi; dunque dividendo la seconda ragione per t , o per T , si ha $V: v :: S: s$, cioè, in tempi uguali le velocità sono come gli spazj.

(2) Si ha (§. 94) $S: s :: VT: vt$, ma $V = v$ per ipotesi; dunque dividendo la seconda ragione per V , ovvero per v , si avrà $S: s :: T: t$, cioè, nel caso che sono eguali le celerità, gli spazj sono come i tempi.

(3) Siccome abbiamo (§. 92) $T: t :: Sv: sV$, così supponendo essere $S = s$, si avrà, dividendo la seconda ragione per S o per s , $T: t :: v: V$, cioè, quando sono eguali gli spazj, i tempi sono inversamente come le celerità.

Scolio. Essendo per la formola generale della velocità (§. 91) $V = \frac{S}{T}$, ed $v = \frac{s}{t}$, si ha moltiplicando la prima equazione per T , e la seconda per t , $VT = S$, ed $vt = s$, e facendone una proporzione $S: s :: VT: vt$, e facendo il prodotto dei maj e degli estremi (prop. 16, L. 6 Euc.) $Svt = sVT$; mettendo i termini di questa equazione in proporzione, di maniera che sempre risulti il prodotto dei medi eguale a quello degli estremi, si trovano le ragioni e i rapporti dei tempi, degli spazj, e delle velocità.

ta anche la terza. Supponendo dunque in primo luogo, che il tempo e la velocità fossero già noti, basterà il moltiplicare l'un per l'altro per avere lo spazio espresso dal prodotto. Così dato, che uno de' due cavalli abbia corso pel tratto di due ore colla velocità come 4, e l'altro abbia corso per tre ore colla velocità come 6; lo spazio corso dal primo sarà di otto miglia, e quello del secondo di 18; tali essendo i prodotti di 2 per 4, e di 3 per 6.

99. In secondo luogo, essendo dato lo spazio, e data la velocità, si fa noto il tempo con dividere i due dati l'un per l'altro. Due cavalli che sappiamo aver corso, l'uno lo spazio di 8 miglia colla velocità come 2, e l'altro lo spazio di 18 miglia colla velocità come 3; dividendo 8 per 2, e 18 per 3, si troverà che il primo ci avrà impiegato l'intervallo di quattr'ore, e l'altro quello di sei; tali essendo i quozienti di 8 diviso per 2, e di 18 diviso per 3.

100. Essendo dati in ultimo lo spazio ed il tempo, si fa nota la velocità col dividere l'un per l'altro. Che però se un corriere abbia corso 50 miglia nello spazio di cinque ore, ed un altro 48 miglia nell'intervallo di sei ore, segna è che il primo ha corso colla velocità come 10, e il secondo colla velocità come 8; essendo 10 il quoziente di 50 diviso per cinque; ed 8 il quoziente di 48 diviso per sei.

ARTICOLO III.

Delle Forze motrici, e della maniera di misurarle.

101. **T**utte le mentovate sorte di movimenti vengono a prodursi per virtù di una certa forza (sia qualsivoglia la cagione che la produce), mercè di cui i corpi che la posseggono, o superano la resistenza che loro si oppone, o premono soltanto contro gli ostacoli, qualora i medesimi sono invincibili. Nel primo caso la forza si

Tom. I.

F

ren-

rende manifesta per via del moto ch' eccita ne' corpi; ma nel secondo, quantunque siffatta forza sollecitando continuamente i corpi a muoversi, ecciti in ogn'istante una velocità infinitamente picciola, che può chiamarsi elementare, pur tuttavolta vien la medesima immediatamente estinta da un ostacolo, che non si può in verun modo da quella superare. Quest'è il caso, per esempio, di una lumiera che stia sospesa alla soffitta di una Galleria, oppur di un mazzo di carte, che stia sopra di un tavolino. L'una e l'altro vengono continuamente forzati a cader giù dalla forza di Gravità; ma le impressioni di questa forza vengono incessantemente contrastate e distrutte dal cordone, che tien sospesa la lumiera, e dal tavolino su cui poggia il mazzo di carte. Non potendo dunque siffatta forza produrre alcun effetto sensibile, se le dà con ragione il nome di *forza morta*. Fate che si recida il cordone e che si distrugga (supponghiam così) il tavolino; sì la lumiera, che il mazzo di carte, cadranno giù immediatamente; e la forza, da *morta* ch' ella era, producendo sensibilmente il suo effetto col porre que' tali corpi in moto, si convertirà in *forza viva*, il cui valore, ugualmente che quello della forza morta, calcolar si dee con moltiplicare la massa del corpo che la possiede, per la velocità con cui si muove, oppur tende a muoversi: Questo è stato sempre il sentimento di tutt' i Fisici, sul riflesso che la forza, di cui si ragiona, altro effetto non produce, se non se quello d'imprimere al corpo, in cui si trasfonde, un certo grado di celerità: e poichè il medesimo in ciascheduna delle minime particelle onde il corpo è composto, ugualmente si distribuisce e si diffonde, com'è naturale l'immaginarlo; chiaro si scorge, che l'effetto divisato, e quindi la cagione che lo produce, misurar si dee con moltiplicare la velocità di cotesto corpo pel numero delle sue parti; che val quanto dire, per la sua quantità di materia.

102. Non fu questa però l'opinione del sagacissimo Leibnizio, il quale avendo immaginata la riferita distin-

stin-

stinzione fra le forze morte e le vive, fu il primo a dichiarare, ch^e quantunque le prime calcolar si dovessero moltiplicando la massa per la semplice velocità, ossia per la velocità *iniziale*, facea d'uopo nondimeno, che le seconde si valutassero con moltiplicare la massa pel quadrato della velocità; tale essendo il risultato che si avea da indubitati sperimenti. Ed in fatti facendosi un corpo cader liberamente nel voto, acquista una velocità tale nel fine della sua caduta, che in forza della medesima potrebbe risalire alla stessa altezza, da cui è disceso. Or poichè coteste altezze sono fra loro come i quadrati della velocità, siccome farem vedere in appresso aver dimostrato il Galilei; uopo è affermare, dice Leibnizio, che le forze, da cui un tal effetto vien prodotto, sieno eziandio nella medesima ragione.

103. Oltreciò, lasciando da parte tutti gli altri sperimenti di tal genere, che sono ben molti, rapporterò soltanto quello che fu praticato dal degnissimo mio Precettore il defunto marchese Poleni, valorosissimo difensore di siffatta opinione. Se vi sieno due globi di ugual volume, uno de' quali avendo la massa come 1, facciasi cadere dall'altezza di quattro piedi, e l'altro, la cui massa sia come 4, si faccia cadere dall'altezza di un piede (tutt'e due al disopra di una sostanza cedevole), vi formeran due fosse perfettamente uguali fra loro; cioè ch^e non dovrebbe seguire, dicea egli, se le loro forze calcolar si dovessero per le semplici velocità moltiplicate per le masse. Imperciocchè essendo le velocità come le radici delle altezze, siccome dimostreremo a miglior luogo; la velocità acquistata dal primo globo sarà come 2 (radice di 4), e quella del secondo sarà come 1 (radice di 1). Ora il prodotto di 2 per 1 (che sono la velocità e la massa del primo) non è uguale al prodotto di 1 per 4 (velocità e massa del secondo): laddove per lo contrario i mentovati prodotti saranno uguali, se in vece di adoperare nella moltiplicazione le semplici velocità, si faccia uso del quadrato di quelle.

104. Ecco pertanto due partiti in campo, ne' quali essendosi impegnati soggetti di gran valore, sì dall'una, che dall'altra parte, ne venne originata un'aspra contesa, ch'è durata pressochè per lo spazio di un secolo, e si sono scritti tanti volumi, che il leggerli anche alla sfuggita richiederebbe gran tempo. Sono degne di essere esaminate tra le altre le dissertazioni del celebre Eulero, che trovansi inserite nelle Memorie dell'Accademia di Berlino, e quelle che scritte da varj celebri Autori, veggonsi registrate nelle Transazioni Anglicane (1), e nelle Memorie dell'Accademia delle Scienze di Parigi. E quantunque siasi creduto, che una disputa di questa sorta abbia fatto vergogna alla Meccanica, non è però da dissimularsi d'essere stata cagione, che si facesse un gran numero di nuovi ed ingegnosi sperimenti, e che s'inventassero e sciogliessero parecchi bellissimi problemi, a cui forse non si sarebbe neppur pensato in altro caso.

105. Chi crederebbe però, che siffatta contesa, in cui si son vedute occupate sì dotte penne, si riduca unicamente ad una pura specolazione? Eccovi brevemente al fatto di tutto, non convenendo ad un Fisico, che si occupa soltanto a rintracciare verità ch'esser possano profittevoli, perdere il tempo in cose affatto inutili e puramente metafisiche. Tutt'e due i partiti convengono ne' fatti; dimodochè se si desse loro un problema da risolvere, riguardante un tal punto, il risultato sarebbe lo stesso, sì calcolando la forza pel quadrato della velocità, che per la semplice velocità moltiplicata per la massa. Tutto il divario adunque consiste nella spiegazione che da loro si dà di cotesti fatti. Nel caso de' due globi, proposta di sopra (§. 103), uno de' quali cadendo dall'altezza di quattro piedi, abbia il peso di un'oncia, e l'altro cadendo dall'altezza di un piede, abbia il peso di quattr'oncie; ambidue i partiti conven-
gono,

(1) Vedi la Fisica speriment. compresa nel Compendio di queste Transazioni, ch' esce dalla nuova Veneta Tipografia.

gono, che le fosse da essi formate, debbono essere uguali: differiscono però in questo, cioè a dire, che i Leibniziani attribuiscono un tale effetto interamente ed unicamente all'intensità della forza posseduta da' due globi, senz'averne alcun riguardo al tempo, che siffatti corpi impiegano nel discendere dalle varie altezze, e quindi nel consumare la loro forza; ed i loro avversarj lo vogliono cagionato non solamente dalla forza anzidetta, ma eziandio dal tempo, durante il quale cotesta forza esercita il suo potere. Se il globo di un'oncia, cadendo dall'altezza di quattro piedi, scender potesse nell'istesso intervallo di tempo, in cui il globo di quattr'once scende dall'altezza di un piede; le fosse da essoloro formate non sarebbero uguali (dicono essi); perciocchè i tempi essendo uguali, gli effetti sarebbero come le forze che sono disuguali; per esser noto, che l'effetto è il prodotto della forza moltiplicata pel tempo. Ma poichè il globo di un'oncia per iscender giù dall'altezza di quattro piedi, deve necessariamente impiegare il doppio di tempo, che viene impiegato dal globo di quattr'once, per esser le loro velocità come 2 ad 1 (§. 103); ne siegue per conseguenza, che deve operare pel doppio di tempo prima di poter consumare la sua forza, e quindi dee produrre un effetto doppio di quello che la medesima forza produrrebbe nel caso che operasse per la metà del tempo soltanto; essendo certissimo, che la forza di un grado, la quale operi per lo spazio di due minuti, cagiona un effetto uguale a quello che si produce dalla forza di due gradi, la cui operazione duri un minuto. La semplice velocità dunque avvalorata dal tempo, è quella che fa produrre a' detti globi, effetti uguali a quelli che risulterebbero dal valutare la loro forza secondo il quadrato della medesima velocità, siccome affermano i Leibniziani.

106. Lo stesso intender si dee dell'argomento del §. 102, dedotto dal corpo cadente. Gli spazi ch'esso descrive, sì nel calare, che nell'ascendere, sono i prodotti della velocità e de' tempi (§. 94); ma i tempi nel

caso proposto sono come le velocità. Dunque gli spazi descritti, ossia le altezze, saranno come i quadrati della velocità, quantunque la forza posseduta dal grave sia soltanto come la semplice velocità.

107. Affin di sviluppare in una maniera più filosofica, e quindi porre nel maggior lume possibile siffatta idea de' Cartesiani, relativamente al tempo che pretendono dover entrare nel calcolo delle forze vive, fa mestieri supporre due palle A e B, di ugual massa (per esempio, del peso di una libbra), le quali si facciano muovere sul piano orizzontale CD EF con diverse velocità; cioè a dire, A con un sol grado di velocità, e B con due. Supporremo eziandio esser uguale lo sfregamento, ossia la resistenza del piano, su cui scorrer debbono coteste due palle. Ciò premesso, misuriamo la forza motrice di ciascheduna secondo l'antico metodo, che val quanto dire, con moltiplicare la massa per la semplice velocità, e vediamo ciò che ne siegue. Avendo B una libbra di massa, e due gradi di velocità; il suo moto sarà come 2; laddove il moto di A sarà come 1, prodotto di una libbra di massa, e di un grado di velocità. Or egli è agevole il concepire che il moto di B, essendo doppio in intensità rispettivamente a quello di A, avrà parimente doppia durata. Che però facendo partire ooteste due palle da due punti corrispondenti per trasferirsi verso G e verso H; nel medesimo intervallo di tempo che A giugnerà ad 1, B per cagione della sua doppia velocità giugnerà a 2, per essere in questo caso gli spazi come le velocità (§. 95). Inoltre se la palla A giunta che sia ad 1, si porrà in riposo; essendo il moto di B, siccome abbiám detto, doppio anche in durata di quello di A, la palla B dopo d'esser giunta a 2, proseguirà a muoversi, nè si porrà in quiete, se non dopo di avere scorso altrettanto di spazio; cioè a dire, dopo di esser giunta a 4. Dunque lo spazio descritto da B sarà quadruplo di quello di A, quantunque la forza di B fosse doppia soltanto di quella di A.

Tav. I.
Fig. 1.

108. Ritorniamo un po' indietro col pensiero, e supponghiamo che muovendosi le mentovate due palle elastiche colla velocità di 1 e di 2, s'imbattano in altre due simili palle di ugual massa, R ed S, esistenti nel medesimo piano orizzontale C D E F. E' naturale l'immaginarsi, corrispondentemente alle cose fin qui dette, che la palla B avendo doppia velocità di A, farà doppio sforzo contro la sua palla corrispondente S, nel medesimo istante di tempo, che A ne farà un solo contro R, per essere la sua velocità come uno. Attese le quali cose niuno stenterà a concepire, che la palla S avendo avuto, diciam così, due impulsi, ed R un solo; quando le due palle A e B resteranno prive di moto dopo l'urto, S sarà dotata di un movimento, il quale siccome sarà doppio di quello di R in intensità, avrà benanche doppia durata; dimanierachè quando queste due palle giungeranno allo stato di riposo, l'effetto totale del movimento della prima si ritroverà quadruplo di quello della seconda, comechè la forza di quella non fosse che doppia della forza di questa. E se la palla B in vece di avere doppia velocità di A, l'avesse tripla, o quadrupla, farebbe un triplo, o quadruplo sforzo contro la sua palla corrispondente; e quindi il moto impresso da B avrebbe tripla, o quadrupla durata di quello che sarebbe impresso da A; e così del rimanente. Il rapportato esempio adattato ai casi particolari, che addur sogliono i Leibniziani in comprova della loro opinione, sarà valevole a diciferarli efficacemente, ed a far vedere che i risultati di qualunque sperimento sono perfettamente di accordo colla dottrina di coloro che valutano le forze vive a simiglianza delle morte.

109. Attese pertanto le cose dette finora, rilevasi ad evidenza, che i seguaci di Leibnizio, avendo riguardo agli effetti prodotti dalle forze morrici, indipendentemente da ogni altra circostanza, valutano le forze medesime a norma di tali effetti; laddove i Cartesiani per lo contratio considerano il valore di siffatte forze, qual

è realmente in loro medesime, che val quanto dire, l'intensità di quelle; e riguardano gli effetti ch'esse producono, come il risultato non solamente delle forze, ma eziandio del tempo, durante il quale esse operano; il qual tempo facendo sì che le forze, di cui si ragiona, possano ripetere, per così dire, la loro azione, le fa comparire maggiori e più poderose di quel che realmente sono in se stesse.

110. Ed in fatti chi mai potrà persuadersi, che uno stesso corpo dotato della stessa velocità, aver debba in se maggiore, o minor forza, a tenore che variano le circostanze e le qualità di oggetti, che sono del tutto estranei per rapporto a quello? E pure così andrebbe la cosa, seguendo l'opinione di Leibnizio. Se una palla di cannone del peso di una libbra, essendo spinta con 5 gradi di celerità, incontrasse un muro che non cedesse al suo impeto; la palla non farebbe altro che percuoterlo, e quindi la sua forza sarebbe forza morta (§. 101). Che però valutandola con moltiplicare la massa della palla per la semplice velocità, riuscirebbe uguale a 5. Facciamo che cotesto muro, in vece di essere un ostacolo invincibile, venga rovesciato dalla detta palla: in tal caso essendo la forza della medesima una forza viva, converrebbe calcolarla con moltiplicare la sua massa pel quadrato della velocità, che sarebbe 25. Sicchè dall'essere l'ostacolo vincibile, o invincibile, si fa sì che la forza intrinseca di cotesta palla sia ora come 5, ed ora come 25. Cosa per verità, che non può sembrare se non se un puro paradosso a chiunque ci vorrà alquanto seriamente riflettere.

A R T I C O L O I V.

Della Quantità del Moto.

111. **A**bbiam fatto vedere fin qui, che la forza onde s'imprime il moto ad un corpo, calcolar si dee con
mol-

moltiplicare la sua massa per la semplice velocità, giusta la più ricevuta opinione. Ora dunque vuolsi osservare, che il prodotto della velocità di un corpo moltiplicata per la sua massa, è ciò che dicesi propriamente *Quantità di moto*, e con altro nome *Momento*. Sicchè a buon conto abbiamo stabilito, che le forze motrici misurar si debbono dalla quantità di moto, ch'esse son capaci di far produrre ai corpi che animano: ed è chiaro, che siffatta quantità di moto rilevata si dee dalla massa del corpo che la possiede, moltiplicata per la sua velocità; scorgendosi dall'esperienza, che la quantità di moto si altera in un corpo a misura che la sua massa, o la celerità, soffrono del cangiamento; dimodochè accrescendo, o scemando la massa di quello, facendogli ritenere la medesima velocità, si accresce, oppur si scema la sua quantità di moto, nella guisa stessa ch'ella si aumenta, oppur si scema, con accrescere, o diminuire la sola velocità, rimanendo la medesima massa. Alterandosi dunque la quantità di moto proporzionalmente all'alterazione della velocità, ovver della massa; ed altro non essendoci in un corpo in moto, che possa produrre l'impeto, salvochè la massa e la semplice velocità ugualmente distribuita nelle parti di quella; chiaro si scorge doversi valutare la quantità di moto di un corpo moltiplicandone la massa per la semplice velocità; nella guisa appunto, che si ha l'aia di un rettangolo con moltiplicare due de'suoi lati l'un per l'altro; giacchè l'uno, o l'altro divenendo maggiore, o minore, si accresce, o si diminuisce l'aia suddetta (1).

112.

(1) La quantità del moto è uguale al prodotto della massa nella velocità, cioè, $Q = MC$.

Consta dall'esperienza che un corpo d'una determinata massa è dotato di tanto maggior moto, o forza motrice, quanto è maggiore la sua velocità; e che un corpo d'una determinata velocità uniforme e invariabile ha tanto maggior moto o forza motrice, quanto è maggiore la

SUA

112. Dall'essere il momento, ossia la quantità di moto di un corpo, il prodotto della sua quantità di materia moltiplicata per la sua velocità, ne derivano parecchie utilissime verità come altrettante legittime conseguenze, le quali ci faranno rilevare il rapporto che v'ha fra le quantità di moto di corpi differenti. La prima delle medesime si è, che le quantità di moto di due corpi sono fra esse nella ragion composta sì delle loro masse, che delle loro velocità (1); ond'è, che il momento di A, per esempio, che ha 5 libbre di peso, e 3 gradi di velocità, è al momento di B, il cui peso è di 6 libbre, e la velocità di 2 gradi, come 15 a 12; tali essendo i prodotti di 3 per 5, e di 6 per 2.

113. Fingendo in secondo luogo, che i mentovati corpi A e B abbiano le loro velocità in ragion reciproca delle masse; le quantità di moto saranno uguali fra loro (2). Come in fatti avendo il corpo A 2 gradi di velocità

sua massa. Dunque per calcolare la quantità del moto deve prendersi la massa e la velocità, dunque la massa e la velocità concorrono insieme a produrre la quantità del moto. Ora, si sa che se due grandezze concorrono insieme a formarne una terza, la grandezza che ne risulta, debb'essere il prodotto delle due grandezze generatrici. Ma la massa e la velocità concorrono insieme a formare la quantità del moto; dunque la quantità del moto debb'essere il prodotto della massa e della velocità moltiplicate tra loro. Se dunque sia Q una tal quantità di moto prodotta da un corpo d'una massa M dotato d'una velocità C, sarà $Q = MC$, ed un'altra quantità di moto q prodotta da una massa m, e velocità c, darà $q = mc$. Con questa formola si dimostrano e si calcolano con la massima facilità tutti i teoremi seguenti della rispettiva quantità di moto dei corpi, come abbiamo calcolato e dimostrato sopra le rispettive velocità con la formola $C = \frac{S}{T}$.

(1) Si ha (§. 111) $Q = MC$, e $q = mc$; dunque mettendo in proporzione quest'equazioni, si avrà pure $Q : q :: MC : mc$, cioè, le quantità del moto sono nella ragion composta delle dirette della massa e della velocità.

(2) Se si ha per ipotesi $C : c :: m : M$, cioè, se sono le celerità come la reciproca delle masse, si avrà, facendo il prodotto dei medj e de-

sità, e 4 parti di materia; ed essendo la velocità di B come 4, e la massa come 2; la quantità di moto sarà di 8 gradi in ambigue, per esser questo il prodotto di 2 per 4, che di 4 per 2. Questa regola riguardar si dee come il principio fondamentale della scienza della Meccanica, la quale insegna, siccome vedremo a suo luogo, a superare grandissime resistenze col mezzo di piccole masse, avvalorate però da una considerabile velocità.

114. Dato in terzo luogo, che due corpi abbiano uguali masse, le loro quantità di moto saranno come le loro velocità (1). Imperciocchè supponendo A e B, di ugual peso, cioè a dir di 4 libbre; ed avendo A la velocità come 2, e B come 3; il momento di A sarà come 8, e quello di B come 12. Ora ognun vede, che 8 sta a 12, come la velocità di A sta a quella di B, ossia come 2 a 3.

115. Che se poi siffatti corpi avessero uguali velocità, ma disuguali masse, le loro quantità di moto sarebbero come le masse (2). Ciò non ha bisogno di esempio. E nel caso che costesti corpi fossero omogenei, come a dire oro ed oro, ferro e ferro; le loro quantità di moto sarebbero nella ragione delle loro grandezze, giacchè queste sarebbero come le quantità di materia. Così le

e degli estremi, $MC = mc$, ma $Q = MC$, e $q = mc$ (§. 111); dunque $Q = q$, cioè, in questa ipotesi sono eguali le quantità del moto.

(1) Si ha (§. 112) $Q : q :: MC : mc$, ma per ipotesi $M = m$; dunque dividendo la seconda ragione per M , o per m , si avrà $Q : q :: \frac{MC}{M} : \frac{mc}{m} :: C : c$, cioè, in detto caso le quantità di moto sono come le celerità.

(2) Essendo $Q : q :: MC : mc$ (§. 112), se $C = c$, si avrà, dividendo la seconda ragione per C , o per c , $Q : q :: \frac{MC}{C} : \frac{mc}{c} :: M : m$, cioè, essendo eguali le celerità, le quantità di moto sono come le masse.

quantità di moto di due palle di argento, le cui grandezze avessero la medesima proporzione di 2 a 4, quando la velocità fosse di 5 gradi in ciascheduna di esse, sarebbero come 10 a 20; ch'è la ragione delle loro grandezze. Che anzi in qualunque altro caso di simil natura, tutte le volte che i corpi sono omogenei, si potrà liberamente sostituire la loro grandezza alla lor quantità di materia.

116. Finalmente siccome moltiplicando la velocità per la massa, si ha la quantità di moto nel prodotto; così dividendo il momento per la massa, il quoziente esprime la velocità (1). Di fatti nel caso del §. 112' dividendo 15 per 5, che sono il momento e la massa di A, si avrà 3 nel quoziente; qual'era realmente la sua celebrità. Dividendo in simil guisa 12 per 6, cioè a dire il momento di B per la sua massa; la sua velocità 2 si troverà espressa dal quoziente di una tal divisione.

117. Da tutto ciò si rende chiaro parimente come l'urto di una picciola quantità di materia si possa talvolta efficacemente sostituire a quello di un enorme masso, il quale si faccia muovere con una data velocità. Per far ciò non si avrà a far altro, se non se dare al picciol corpo un grado tale di velocità, che superi di tanto la velocità dell'altro, di quanto la massa di questo eccede la massa di quello: che val quanto dire, che bisogna far in modo che le velocità de'suddetti due corpi sieno reciprocamente come le loro masse (2). Così la forza di un gran sasso che pesi mille libbre, ma che operi con

10

(1) Essendo $Q = MC$ (§. 111), sarà anche dividendo l'uno e l'altro membro per M , $\frac{Q}{M} = \frac{MC}{M}$, e cancellando i termini eguali del numeratore e denominatore del secondo membro, sarà $\frac{Q}{M} = C$, cioè, la celebrità uguale alla quantità di moto diviso per la massa.

(2) Nell'espressione di $Q = MC$, il prodotto di M in C resta lo stesso.

10 gradi di velocità, può essere uguagliata dalla forza d'un martello, che avendo sole. 10 libbre di peso, opera colla velocità di mille gradi. Questo è ciò che praticiamo alla giornata colle palle di cannone, a cui dando, mercè l'azion della polvere, velocità tale da poter iscorrere talvolta 2000 piedi in un secondo, facciam sì, che vadano a produrre in una muraglia quelle rovine che a mala pena gli antichi potevano cagionare con infinito stento in virtù delle loro baliste e de' loro gravi arieti; i quali essendo mossi per forza di braccio di un gran numero di uomini, quantunque avessero una smisurata grandezza, erano spinti tuttavolta con tenue velocità. In parecchi altri ordegni poi, alle cui parti non si può compartire un'eccedente velocità, si pratica tutto il rovescio; conciossiachè per avere una notevole quantità di moto, si accresce considerabilmente la loro quantità di materia. Lo scorgiam praticato alla giornata ne' laboratori di varj artefici, specialmente in alcuni particolari generi di grandi trafilè, le quali abbisognando di una gran forza, vi si adatta una pesantissima ruota di metallo per muovere il rotame, e quindi sollevare le tanaglie. Ne' filatoi ed in altri simili ordegni che girano, si soglion guernire di piombo i fuselli per farli girare con

stesso, se M diventa piccolo nella ragione che C si accresce, quanto viceversa, poichè (prop. 14, l. 6 Euc.) i parallelogrammi eguali ed equiangoli che sempre tali si possono fare, hanno le loro basi in ragione inversa delle altezze, cioè, se $Q = q$ sarà $MC = mc$, e perciò $C : c :: m : M$. Quindi non è meraviglia che una piccola massa con una grandissima velocità faccia lo stesso effetto che una grandissima massa con una piccola velocità, purchè una di queste due quantità cresca come l'altra si diminuisce. L'obbiezione che si potrebbe fare dell'effetto insensibile che sopra i fiori e sull'occhio produce la luce che si muove con una velocità impercettibile, si vedrà sciolta e nel trattato del moto accelerato dove si farà vedere che dopo un certo tempo, il moto accelerato diventa equabile, ed allorache si tratterà della resistenza che oppongono i mezzi alla luce.

con maggior forza, e quindi superar più agevolmente l'attrito e la resistenza dell'aria. Mirate una donnicciuola che fila, ed osservate com'ella aggrava il suo fuso del verticillo, o fusaiolo, che dir si voglia, per farlo girar con violenza; e come poscia ne lo sgrava tostochè il filo, che gli è avvolto intorno, rendelo pesante al segno che conviene.

118. Prima di lasciar questo soggetto, torna molto in acconcio di osservare, che quantunque due corpi diversi abbiano la stessa quantità di moto, pure gli effetti prodotti per virtù del loro urto esser possono differentissimi (1). Nello sparo di un cannone, la quantità di moto che si genera, è la medesima sì nella palla ch'è spinta fuori, che nel cannone, attesa l'uguaglianza e contrarietà dell'azione e reazione, di cui si ragionerà in appresso. Ciò non ostante, la palla è capace di farsi strada per lo traverso di un muro, e il cannone non fa altro che rinculare un poco. Dal che vuolsi dedurre in generale, che i piccioli corpi dotati di gran velocità sono molto proprj per isquarciare in pezzi quegli altri, ch'essi percuotono; e che i gran massi forniti di picciola velocità sono più atti a scuoterli. La ragione si è, che operando il picciol corpo con velocità tale, che superar possa la natural coerenza di quello, contro di cui urta, ne separa conseguentemente le parti in un tempo sì picciolo, che non può il suo moto comunicarsi al rimanente del corpo; laddove operando il gran masso con velocità insufficiente a vincere la mentovata coerenza, a motivo

(1) E' sempre vero che essendo eguali le quantità del moto, anche gli effetti saranno eguali, e se questi effetti si presentano al sensi differentissimi, questo non è se non perchè la quantità di moto di un corpo di picciola massa, che urta in un altro d'una massa enorme, comunicando il suo moto ad ognuna delle parti della massa enorme, vien comunicarne una quantità inassegnabile, che perciò produce un effetto insensibile; appunto perchè dovendo essere $Q = q$, è $MC = mc$, e perciò $C : c :: m : M$.

tivo della lentezza, con cui opera, si dà tempo, che il moto si comunichi alle altre parti del corpo urtato, onde vien quello scosso nell'intera sua mole. Scorgesi cioè evidenza tirando un colpo di fucile contro una banderuola da vento, oppur contro di una porta, che si muova liberamente intorno a' suoi cardini. Se la carica sarà poderosa, la palla traverserà la banderuola, oppure la porta, senza che nè l'una nè l'altra si muovano d'un pelo dalla situazione in cui erano; laddove percuo- tendosi furt' e due con un gran masso di piombo dotato di una picciola velocità; quantunque la parte di esso, con cui urta, sia conformata in modo che non ecceda in grandezza la palla del fucile, pure il moto si comunicherà alle parti di quelle, talmentchè farà girar l'una intorno alla propria asta, e l'altra intorno a' suoi cardini, senza poterle traversare per alcun verso. Questa osservazione può esser di grand'uso in parecchie occorrenze, e specialmente nel caso che vogliansi abbatter muraglie, oppure antichi edifizj, le cui parti sien molto tenaci, siccome avvien non di rado. Per potervi ben riuscire, non torna conto il far uso di strumenti, i quali dotati di picciola massa, operino con una considerabile velocità; ma gioverà moltissimo il servirsi dell'urto di massi grandi, comechè la loro velocità sia minore; coll'avvertenza di dar sempre il secondo colpo prima che svanisca l'impressione, ossia il tremore cagionato dal primo; conciossiachè riuscirà agevolmente di rovesciare ed abbattere, co' colpi successivi, quel ch'è stato già scosso mercè degli urti antecedenti (1).

A R-

(1) Dalla combinazione delle due formole $C = \frac{S}{T}$ e $Q = MC$

del moto equabile, nascono delle nuove formole, che per essere di grand'uso nella Statica, prima di passare ad altre materie, crediamo di far cosa utile e grata agli studenti col qui inserirle.

Abbiamo dunque $C = \frac{S}{T}$ (§. 91) e $Q = MC$ (§. 111); dun-

que

ARTICOLO V.

Degli Ostacoli che si presentano al moto.

119. Comechè siasi avanzato nel §. 4 esser la mobilità un attributo che compete a tutt' i corpi, sia qualunque la lor grandezza e figura; tuttavolta gioverà qui avvertire, che non ogni sorta di corpo è ugualmente attra al moto, e che i medesimi presentano una maggiore, o minor resistenza alle forze che li sollecitano a muoversi, a norma delle diverse loro qualità e delle varie circostanze. Or facendo un po' di riflessione, egli è agevole il rilevare, che siffatte qualità e circostanze ridur si possono con ragione alle seguenti; cioè a dire, alla varietà della figura de' corpi; alla diversità della loro superficie; alla differenza della loro densità; e finalmente alla varia resistenza de' mezzi.

120.

que sostituendo nella seconda equazione il valore di C , sarà $Q = \frac{MS}{T}$, e così $q = \frac{ms}{t}$, e perciò $Q : q :: \frac{MS}{T} : \frac{ms}{t}$, e facendo il prodotto dei medj e degli estremi (prop. 16, l. 6 Euc.) $\frac{Qms}{t} = \frac{qMS}{T}$. Questa equazione ridotta in alcune differenti proporzioni dà.

I. $M : m :: \frac{Qs}{t} : \frac{qS}{T} :: QsT : qSt$, cioè, le masse sono come la composta delle dirette delle quantità del moto e dei tempi, e dell'inversa della velocità.

II. $S : s :: \frac{Qm}{t} : \frac{qM}{T} :: QmT : qMt$, cioè, gli spazj sono nella composta delle dirette della quantità del moto e dei tempi, e dell'inversa delle masse.

III. Essendo $\frac{Qms}{t} = \frac{qMS}{T}$, sarà anche $QmsT = qMS t$, e perciò $T : t :: qMS : Qms$, cioè, i tempi sono nella ragion composta delle dirette delle masse e degli spazj, e dell'inversa della quantità

120. Affin di assicurarcene col fatto, ponghiamo su di un tavolino orizzontale e ben levigato, una sfera, un cilindro, un cubo, o anche più corpi dello stesso peso, ma di figura diversa. Cerchiamo di portarli in moto, e vedremo che una picciolissima forza sarà sufficiente a muovere la sfera; che per muovere il cilindro, converrà far uso di una forza un po' maggiore; e che il grado di questa dovrà aumentarsi anche di più per poter muovere il cubo. E quando un tal moto si sia già comunicato a tutti in ugual grado, sarà egli più durevole nella sfera, un poco meno durevole nel cilindro, ed assai meno nel cubo: le quali differenze di moto non vengono originate da altro, siccome ognun si avvede, se non che dalla diversità della figura de' mentovati corpi.

121. Che se dall' altra parte il detto tavolino fosse scabroso in vece di esser levigato; lo stesso grado di forza, che ha messi in moto gli anzidetti corpi nel caso

Tom. I.

G

pro-

tità del moto. Ora considerando nelle formole generali $Q = \frac{MS}{T}$,

e $q = \frac{ms}{t}$ due quantità rispettive eguali, si ha:

IV. Se $T = t$, sarà $Q = MS$, e $q = ms$, e perciò $Q : q :: MS : ms$, cioè, se i tempi sono eguali, le quantità del moto saranno in ragione composta delle loro masse e dei loro spazj.

V. Se $Q = q$, sarà $\frac{MS}{T} = \frac{ms}{t}$, onde $M : m :: \frac{s}{t} : \frac{S}{T} :: St : St$, cioè, se le quantità di moto sono eguali, le masse sono nella composta della diretta dei tempi, e dell' inversa degli spazj.

VI. Se $M = m$, sarà $Q = \frac{S}{T}$, e $q = \frac{s}{t}$, e perciò $Q : q :: \frac{S}{T} : \frac{s}{t} :: St : St$, cioè, se le masse sono eguali, le quantità del moto sono nella composta della diretta degli spazj, e dell' inversa dei tempi.

VII. Se $s = S$, sarà $Q = \frac{M}{T}$, e $q = \frac{m}{t}$, onde $Q : q :: \frac{M}{T} : \frac{m}{t} :: Mt : mT$, cioè, se gli spazj sono eguali (i quali nella Statica rap-

proposto, non sarebbe ora sufficiente a muoverli di bel nuovo; talmentechè sarebbe necessario aumentarla. Ciò si rileva similmente dal vedere, che messe due sfere di ugual peso su di un piano ben levigato, una delle quali abbia la superficie perfettamente liscia, e l'altra scabrosa, è assai più facile porre in moto la prima, che la seconda. Dunque la maggiore, o minor disposizione al moto, dipende eziandio dalla varietà della superficie dei corpi.

122. Vuolsi intender lo stesso della loro differenza in densità, scorgendosi ad evidenza, che due sfere, per cagion d'esempio, di diversa gravità specifica (quali sarebbero in realtà se una fosse di legno, e l'altra di piombo), non sono ugualmente atte ad esser mosse; e che la forza per muover la sfera di piombo, convien che sia maggiore di quella che si richiede per muover la sfera di legno. Per esser di ciò intimamente convinto, basta risovvenirsi che tutt' i corpi son dotati della forza d'Iner-

rappresentano le distanze dal punto d'appoggio) saranno le quantità del moto come la composta della diretta delle masse e dell'inversa dei tempi.

VIII. Se $Q = q$, e $T = t$, sarà $MS = ms$, e quindi $M : m :: t : s$; cioè, se sono eguali i tempi e le quantità del moto, le masse sono come l'inversa degli spazi, ovvero come l'inversa delle distanze dal punto d'appoggio (formola di grand'uso nell'equilibrio).

Scolio I: Abbiamo fatto vedere (§. 111) trattando del moto equabile, che la quantità del moto, è eguale al prodotto della massa nella sua velocità; cioè, $Q = MC$; sempre però nell'ipotesi che il corpo si muova equabilmente, poichè non potrebbe essere $Q = \frac{MS}{T}$ se C della

la formola $Q = MC$ non fosse eguale ad $\frac{S}{T}$. Se C non è invariabile,

non ha più luogo $\frac{S}{T}$ nella formola $\frac{MS}{T}$; dunque non si potrà affermare con certezza che nel moto variabile in un tempo finito, la quantità del moto sia il prodotto della massa nella velocità. E per questo nell'equilibrio la formola indicata esprime soltanto l'azione della forza morta.

Inerzia; e che la medesima è sempre proporzionale alla quantità della materia (§. 45), ossia alla densità de' corpi sotto lo stesso volume.

123. Finalmente è noto ad ognuno non potersi un corpo trasferire da un luogo in un altro senza imbattersi per cammino in altri corpi, sieno solidi, o fluidi, i quali si oppongono più, o meno, al progresso del suo movimento. Sì negli uni, che negli altri, siffatta resistenza viene originata, o dalla natural coerenza delle parti che converrebbe vicendevolmente separare per render libero il detto cammino, o dalla semplice Inerzia di que' corpi che debbono far luogo a quello ch'è in moto. Un luminoso esempio della resistenza del primo genere ci vien somministrato da una zeppa che si sforza a farsi strada per lo traverso di una picciola fenditura, che vi fosse in un pezzo di legname; come altresì da un corpo qualunque, il quale fosse spinto dentro una quantità di mele, di olio, o d'altro liquido similgliante,

G 2

te,

Scolio II. Stimo molto a proposito di non passare avanti senza far rilevare almeno qualche differenza fra una forza variabile ed invariabile, col darne una formola per quelli che non ignorano affatto gli elementi del calcolo infinitesimale. Sia f la forza acceleratrice, dt l'elemento del tempo, in cui agisce; dc quello della velocità, ds quello dello spazio elementare. Ora, essendo la celerità uguale alla forza moltiplicata nel tempuscolo, com'è chiaro da se, avremo $fdt = dc$ se la forza è acceleratrice, oppure $fdt = -dc$ nel caso che la forza sia ritardatrice, poichè crescendo l'ostacolo, si diminuisce la velocità; onde in generale sarà $fdt = \pm dc$. Si ha inoltre $ds = cdt$, essendo lo spazio infinitesimo proporzionale alla celerità ed al tempuscolo, com'è facile a concepirsi; dunque avremo $\frac{ds}{dt} = c$, e perciò supponendo

costante dt ossia invariabile, sarà $dc = d\left(\frac{ds}{dt}\right)$; cioè, $dc = \frac{dds}{dt}$,

e sostituendo fdt in luogo di dc , $fdt = \pm \frac{dds}{dt}$; dunque $fdt = \pm dds$, cioè, i piccoli spazj infinitesimi che fa percorrere a ciascun istante la forza acceleratrice o ritardatrice, sono come i quadrati dei

re, le cui parti trovansi fornite di una viscosità naturale: laddove la resistenza del secondo genere ci viene indicata evidentemente da que' corpi, ch'essendo spinti dentro l'aria, il mercurio ed altri fluidi di tal natura, le cui parti scottrono liberamente l'una sull'altra, talchè la coerenza si può riguardar come nulla, non hanno a superare altra resistenza, se non quella che loro presenta la naturale Inerzia delle medesime. Di questa indole sono que' fluidi, nel mezzo de' quali si eseguisceno i movimenti più rimarchevoli che si fanno nell' Universo (ad eccezione dell'acqua, le cui particelle veggonsi dotate di un certo grado di coerenza, che può per altro negligersi); e per tal motivo ci restringeremo ad esaminare unicamente questa sorta di resistenza: e poichè la medesima scorgesi costantemente soggetta ad alcune leggi, gioverà qui il comprenderle nelle tre proposizioni che sieguono.

124. La prima di queste proposizioni si è, che se uno stesso corpo, movendosi colla medesima velocità, passa successivamente dentro fluidi diversi; la resistenza che in essi incontra, è proporzionale alla loro densità. Imperciocchè a misura che il fluido è più denso, contiene un maggior numero di parti nello stesso volume: e poichè la forza d'Inerzia abbiám veduto esser proporzionale al numero delle parti, ossia alla quantità della materia; ne avverrà che il corpo in moto, imbattendosi in mezzi più densi, incontrerà maggiore Inerzia da vincere; e quindi dovrà proporzionatamente superare una maggior resistenza.

125. In secondo luogo, movendosi due corpi simili, come a dite due sfere, due cubi, o due prismi, per en-

tro

dei tempuscoli corrispondenti. Il che è molto diverso dal caso in cui la forza è invariabile, poichè supponendo costante la celerità, lo spazio è come il tempo. Dalla formola $fdt = \frac{1}{2} \frac{dds}{dt}$, supponendo costanti ad una ad una le quantità che contiene, si potrebbero dedurre molte verità che noi omettiamo per la loro troppa facilità.

tro allo stesso mezzo, col medesimo grado di velocità; le resistenze ch'essi v'incontreranno, saranno proporzionali alla loro superficie. La ragione di ciò si è, che non potendo un corpo scorrere dentro un fluido senza scacciar successivamente dal suo luogo un volume dello stesso fluido uguale al suo; ognun vede, che la quantità di un tal volume deve crescere a proporzione che divien maggiore la superficie del mobile. Ma un maggior volume di uno stesso fluido in se contiene un maggior numero di parti, e conseguentemente è dotato di maggior forza d'Inerzia, di quel che sia un volume minore. Dunque la resistenza che il mobile incontrerà nello scorrer per entro a quello, sarà proporzionale alla sua superficie; e quindi in due corpi simili; le cui superficie fossero disuguali, sarebbe eziandio proporzionale alle medesime.

126. Dall'esser siffatta resistenza, nel caso di corpi simili, proporzionale alle loro superficie, ne siegue, che queste essendo uguali, si uguaglieranno benanche le resistenze: ciò non ostante però, l'effetto da essi prodotto potrebbe non esser uguale; conciossiachè la distinguaglianza delle masse cagionar potrebbe una quantità di moto maggiore nell'uno, che nell'altro. Così due uguali palle, una delle quali fosse d'oro, e l'altra di ferro, traversando l'aria colla medesima velocità, incontrerebbero in quella ugual resistenza; ma questa sarebbe superata con maggior efficacia dalla prima, che dalla seconda, per cagione della sua maggior densità. Questo si è appunto il caso, del quale si è ragionato nel §. 73.

127. Dato finalmente, che uno stesso corpo venga spinto per entro allo stesso mezzo con differenti celerità; la resistenza che gli verrà opposta da quello, sarà proporzionale ai quadrati di siffatte celerità. Per rimaner persuasi di una tal verità, supponghiamo che una palla di moschetto sia spinta nell'acqua con due gradi di velocità; cioè a dire, con velocità tale, che le faccia scorrer due piedi in un secondo di tempo: è certo che cotesta palla non potrà farsi strada per lo traverso dell'

acqua senza scacciare dal loro luogo due piedi della medesima nell'intervallo di un secondo; nè un tale scacciamento potrà seguire senza che la palla comunichi a cotesti due piedi d'acqua una velocità uguale alla sua. Or due piedi d'acqua, dotati di due gradi di velocità, hanno una quantità di moto uguale a 4 (1) (§. 111), a cui conseguentemente si uguaglierà la resistenza che essi opporranno alla palla; ma 4, ch'è la resistenza, è il quadrato di 2, ch'è la velocità. Dunque non v'ha dubbio, che le resistenze opposte dallo stesso fluido ad uno stesso corpo, che vi scorre dentro con differenti velocità, sono sempre proporzionali ai quadrati delle velocità medesime.

128. In simil guisa se la palla stessa fosse spinta nel me-

(1) Per esporre questa proporzione con qualche maggior chiarezza, si vuol far riflettere che in un fluido d'una data densità, la quantità del moto che perde in un dato tempo un corpo che si muove dentro a questo fluido, è proporzionale al numero delle particelle del fluido che incontra nel suo moto, ed alla velocità con cui si muove. Ma il numero delle particelle è pure proporzionale alla velocità del corpo che muovesi, dunque sostituendo in luogo del numero delle particelle la celerità, si avrà la perdita della quantità del moto, ossia la resistenza proporzionale al quadrato della velocità, e cambiando la densità del fluido, sarà in generale la resistenza d'un corpo che si muove in un fluido, in ragion composta del quadrato della velocità, e della densità del fluido.

Per mezzo del calcolo differenziale si ha una espressione generale del tempo e dello spazio in qualunque ipotesi di resistenza. Si rifletta che la velocità d'un corpo mosso in un mezzo resistente, prescindendo dalla tenacità delle parti, sta direttamente come l'elemento dello spazio, ed inversamente come quello del tempo. Sia ds lo spazio infinitesimo, e dt il tempuscolo; essendo in un tempo infinitamente piccolo il moto equabile, si avrà $c = \frac{ds}{dt}$.

Corol. Moltiplicando l'equation superiore per dt , sarà $c dt = ds$, e dividendo per c , $dt = \frac{ds}{c}$, e perciò $\int c dt = \int ds$, cioè, $\int c dt = s$, e così $\int S dt = S \frac{ds}{c}$, cioè, $t = S \frac{ds}{c}$.

medesimo fluido con 4 gradi di velocità, scacciar dovrebbe quattro piedi di esso in un dato tempo; e quindi dovrebbe comunicar loro 4 gradi di velocità. In tal caso la quantità di moto di cotesta quantità di fluido, e conseguentemente la resistenza, sarebbe come 16; il qual numero, siccome ognun sa, è il quadrato di 4, ch' esprime la velocità, con cui si è spinta la palla.

129. Dalle cose fin qui dette deducendosi, come legittime conseguenze, due metodi agevolissimi per poter calcolare le resistenze rispettive, che s' incontrano da due, o più corpi, i quali si muovano nello stesso mezzo, oppure in mezzi di differente densità. Se due globi A e B, per esempio, si muovan tutt' e due dentro l' acqua: le rispettive resistenze ch' essi v' incontreranno, saranno come il prodotto della superficie di A moltiplicata pel quadrato della sua celerità, al prodotto della superficie di B, anche moltiplicata pel quadrato della sua celerità. Quindi supponendosi di 2 piedi la superficie di A, e di 4 quella di B; se la velocità del primo sia di 3 gradi, e la velocità del secondo di 5; la resistenza che incontrerà A, sarà a quella di B, come 18 a 100; tali essendo i prodotti di 2 per 9, e di 4 per 25.

130. Supponghiamo da altra parte, che i medesimi due globi A e B, vengano separatamente spinti colle medesime velocità di 3 e 5, dentro a due fluidi, uno de' quali abbia 4 gradi di densità, e l' altro 6; le rispettive resistenze, che loro si opporranno, saranno come il prodotto della superficie di A pel quadrato della sua celerità, moltiplicato per la densità del fluido, in cui si muove, al prodotto della superficie di B pel quadrato della sua celerità, moltiplicato per la densità del fluido a se corrispondente. Così il prodotto di 2 per 9, (ossia 18) moltiplicato per 4, ch' è la densità del primo fluido, dà 72 nel prodotto; e quello di 4 per 25 (ossia 100) moltiplicato per 6, ch' è la densità del secondo fluido, dà per prodotto 600: dal che ne siegue, che la resistenza del primo globo sarà a quella del secondo, come 72 a 600,

LEZIONE III.

Delle Leggi di Moto, e di alcune Teorie immediatamente connesse con quelle.

131. Siccome ho sempre riputato necessarissimo per formar bene la mente de' giovani, il far loro conoscere i principj, da cui le verità immediatamente dipendono; e far loro scorgere nel tempo stesso l'ammirabile connessione delle cagioni e de' fenomeni, e quindi la prodigiosa semplicità, onde l'ordine delle naturali cose si regge e si conserva; a misura che andrò annoverando le leggi del Moto, tratterò benanche di quelle dottrine che colle leggi medesime sono intimamente connesse. Per la qual cosa avran qui ragionevolmente il lor luogo le forze centrali, le teorie riguardanti i corpi celesti, e il flusso e riflusso del mare; come altresì il moto composto e l'urto scambievole de' corpi, che per ordine di Natura colle stesse mentovate leggi sono immediatamente congiunte.

ARTICOLO I.

1. Della prima Legge di Moto, e quindi delle Forze centrali.

132. Per poter pienamente comprendere le dottrine che saremo per esporre, fa mestieri richiamare alla memoria ciò che si è detto altrove (§. 45) sulla forza d'Inerzia. Questa forza, ch'è un principio puramente passivo, è produttrice seconda di effetti, non altrimenti che l'Attrazione e la Ripulsione, che sono principj attivissimi. Come in fatti le tre Leggi di Moto, dette altrimenti

L. 2.

Leggi di Natura, perchè competono universalmente a tutt' i corpi ch' esistono nell' Universo, dipendono interamente dallo stesso principio. Furono esse stabilite da Newton; e la prima è la seguente.

133. *Ogni qualunque corpo, sia in riposo, sia in movimento, persevera naturalmente nello stato di quiete, oppure continua a muoversi uniformemente in linea retta, finattantochè non venga disturbato da quello stato da cagioni esteriori.* Ed in fatti essendo la materia naturalmente scevra d' ogni qualunque attività, è chiaro, che siccome non può muoversi da se quando sia in riposo, così d' altra parte non può da se arrestare il suo moto in veruno istante, qualora si trova esser in movimento. Deve ella dunque continuare indifferentemente nello stato in cui è; ed essendo in moto, non v' ha ragione, per cui debba alterare la sua velocità, oppure la direzione. Ecco pertanto il motivo della continuazione del movimento de' proietti, per la cui investigazione tanto si affaticarono gli antichi Fisici senza profitto.

134. Da ciò rendesi eziandio evidentissimo, che ogni qualunque movimento è per sua natura uniforme e rettilineo (1). E' uniforme, perchè non potendo la materia in moto alterare la sua velocità, deve necessariamente percorrere spazi uguali in tempi uguali: è rettilineo, perchè non potendo il mobile cambiare da se la sua direzione, uopo è che prosiegua a muoversi secondo la direzione ricevuta originalmente, ossia nel primo istante del suo movimento; il quale concependosi determinato verso di questo, o di quel punto, eseguir si dee lungo una retta che a quel punto conduce.

135. Per la qual cosa non si durerà fatica a persuader-

(1) Per questa ragione anche il moto d' un corpo per una curva qualunque, per un istante indivisibile di tempo, è uniforme, quantunque paragonato in se stesso col seguente, sia veramente variabile; onde in questa considerazione avfanno luogo tutte le formole del moto uniforme.

dersi, che ogni qualunque movimento, il quale si faccia per una curva, deve necessariamente esser prodotto almeno da due forze, una delle quali spinga il mobile secondo una direzione rettilinea, e l'altra operando continuamente sul mobile stesso, l'obblighi in ogn'istante ad abbandonare l'anzidetta direzione; dimodochè gli faccia descrivere un poligono d'infiniti lati, ciascun de' quali è per altro una linea retta; ond'è poi, che appena cotesta forza cessa di operare; quel tal mobile lasciando di descrivere la curva incominciata, prosiegue a muoversi secondo la direzione di una linea retta, ch'è tangente a quel punto della curva, ove il mobile si ritrovava quando la forza estranea cessò di operare. Ser-
viamoci dell'esempio di una pietra che facciasi rivolge-

Tav. 1.
Fig. 4.

re intorno intorno, mercè di una fionda. Se nell'atto ch'ella si ritrova nel punto B della sua rivoluzione, a cui vien determinata dalla mano A, che la tira a se di continuo, si lasci scappare un capo della fionda, talchè la pietra non sia più soggetta all'azion della mano; lascerà di muoversi per la curva BD, e proseguirà il suo moto per la retta BC che tocca la curva nel punto B, ov'era la pietra quand'ella si sottrasse all'azione della mano. La qual cosa accader deve ugualmente ne' punti D, F, H, ed in qualunque altro, che sul cerchio DBH si potrebbe assegnare. Si scorgerà lo stesso fenomeno, gettando dell'acqua in piccioli zampilli sulla circonferenza di una ruota che si aggira velocemente intorno al suo asse; imperciocchè sarà quella lanciata con impeto grande dalla ruota nella direzione di tante linee rette, che saranno tangenti a' varj punti della circonferenza della ruota medesima, su cui l'acqua si fa cadere.

156. Avendo tutt' i corpi, che rivolgendosi in giro, descrivono una curva, una natural propensione a muoversi giusta la direzione delle tangenti a quella curva; ed essendo i varj puni di coteste tangenti più distanti dal centro del moto di quel che sieno i punti della curva stessa; si comprende ad evidenza, che tutt' i cor-

I corpi mentovati posseggono una forza che tende sempre ad allontanarli dal centro del movimento. Quindi è, che la medesima si denomina *centrifuga*, a differenza dell'altra, onde gli stessi corpi vengono tirati e ritenuti verso il centro, a cui si dà perciò il nome di *centripeta*; comechè tutt' e due insieme unite dicansi con comune vocabolo *Forze centrali*. Questa verità rendesi evidentissima col far girare velocemente intorno intorno un secchiotto pieno d'acqua, che si tenga sospeso ad una corda, nell'atto che il capo opposto della medesima vien ritenuto dalla mano. Non ostante la forza di Gravità, che sollecita l'acqua a cader giù, premerà ella vigorosamente contro il fondo del secchio in tutt'i punti della sua rivoluzione; e per tal cagione non se ne verserà neppure una goccia; e nel caso che si faccia un foro nel fondo divisato, l'acqua scapperà fuori con impeto per lo traverso di quello in direzioni anche contrarie a quella della Gravità, e quindi sarà spinta nella direzione delle tangenti, siccome si è già dichiarato.

137. La prima cosa che si presenta alla considerazione intorno alle Forze centrali si è, che date le altre cose uguali, sono elleno maggiori, o minori, proporzionalmente alla quantità della materia. Imperciocchè altro non essendo la forza centrale di un corpo, se non se il risultato delle forze parziali, ond'è provveduta ciascuna delle particelle, di cui esso è composto; ne siegue per conseguenza, che siffatta somma dev'esser maggiore, qualora è maggiore il numero delle parti, ed al contrario; e quindi, ch'ella è proporzionale alla massa. Legate successivamente in cima a una corda una pietra, supponghiam di tre once, indi un'altra di sei once, e finalmente una di una libbra; e preso in mano il capo opposto, fatele girare, una per volta, con ugual celerità a guisa di fionda: osserverete che la mano dovrà fare un picciolo sforzo per poter ritenere la pietra di tre once; che lo sforzo dovrà esser maggiore per ritenere quella di sei once; e finalmente ch'egli sarà il
mas-

massimo per ritenere la pietra d'una libbra. Ciò si conferma eziandio evidentemente per via di un altro sperimento. Se dentro di un tubo di vetro pongansi vari corpi di diversa gravità specifica, come a dire un pezzo di sughero, una palla di piombo, ed un pezzetto di legno; e quindi riempitolo di acqua, e messolo in una posizione alquanto inclinata, facciasi girare intorno orizzontalmente mercè di una macchina destinata a praticare cotal sorta di sperienze, si scorgerà che la palla di piombo, la quale prima occupava il fondo del tubo, salirà in cima di quello; che il pezzetto di legno si manterrà verso il mezzo; e finalmente, che il pezzo di sughero sarà vicino al fondo del tubo, corrispondentemente alla diversa quantità di materia contenuta in siffatti corpi.

Tav. I.
Fig. 5.

138. In secondo luogo coteste forze sono sempre uguali fra loro. Supponghiamo in fatti, che la pietra B ritenuta da una fianda si rivolga per la curva circolare EBD. Seguendo ciò per effetto della forza centripeta, giacchè altrimenti la pietra spinta dalla sola forza di proiezione, scapperebbe via lungo la tangente BC; cotesta forza considerata nel suo stato nascente verrà espressa da BD: nel qual caso l'effetto, o la misura della forza medesima, sarà rappresentata dalla perpendicolare GD, siccome quella ch'esprime lo spazio, per cui la pietra discostandosi dalla detta tangente, è caduta giù verso il centro A del suo moto in quel primo istante, in cui ha descritto l'arco BD. Suppongasi da altra parte, che la forza centripeta anzidetta cessi di operare nell'atto che la stessa pietra B si ritrova nel punto B della sua rivoluzione: è chiaro dalle cose fin qui dette, che nell'istante medesimo ubbidendo ella alla forza centrifuga, e lasciandoci perciò di descrivere la curva BD, incomincerà a muoversi per la tangente BC. Concependosi similmente questa forza nel suo stato nascente, verrà espressa da BD: allora CD esprimerà lo spazio per cui la pietra B si allontana dalla curva BD in vir-

tù

tù della forza centrifuga. Se dunque il potere sì della forza centripeta, che della centrifuga, viene espressa dalla retta CD , non v'ha ragione per cui si possa dubitare dell'uguaglianza delle medesime (1).

139. Convien sapere in terzo luogo, che le forze centrali sono come i quadrati degli archi descritti in un dato tempo, divisi pei rispettivi diametri di quel tali cerchi; dimanierachè supponendo, che i due corpi uguali A, a , si rivolgano uniformemente intorno a' cerchi disuguali ABE, abe ; la forza centrale del primo sarà a quella del secondo, come il quadrato di AB diviso per AE , al quadrato di ab diviso per ae . Affin di rimanere pienamente persuaso di una tal verità, suppongasi che i due corpi A, a , nel primo istante infinitamente picciolo del loro movimento, descrivano gli archi nascenti AB, ab . Abbiam veduto nel §. 138, che gli spazj trascorsi da questi due corpi per virtù delle forze centrali, vengono espressi dalle perpendicolari alle tangenti, CB, cb . Per la qual cosa essendo i corpi uguali, ed il moto uniforme, siccome abbiam supposto da principio; i movimenti saranno fra loro come CB a cb , che sono gli spazj descritti; nella qual ragione saranno ben anche le forze, da cui siffatti moti sono stati prodotti. Tirando da' punti B, b , le rette BD, bd , parallele alle tangenti AC, ac ; le porzioni AD, ad del diametro essendo uguali a CB, cb , prender si potranno in lor vece. Ma AD, ad , sono i seni versi degli archi AB, ab ; i quali archi per essere nel loro

Tav. 1.
Fig. 6.

sta-

(1) La forza centripeta nell'arco nascente BD agisce da C verso B , e la forza centrifuga da B verso C ; onde oltre d'essere eguali, agiscono nella medesima retta CD , ma in senso opposto; quindi nella fig. 6 la forza centripeta è espressa dalla retta $AD (= BC)$ che per la trigonometria è seno verso dell'arco AB , e la centrifuga dalla BC ; e perciò la formola che serve per esprimere l'una, serve anche per esprimere l'altra, cambiandovi soltanto il segno per distinguer l'una dall'altra, onde la forza centripeta o centrifuga $= \pm AD$.

stato nascente, nulla differiscono dalle loro corde; ed oltre ciò la natura del cerchio è tale, che il seno verso di qualunque arco è uguale al quadrato della corda divisa pel diametro (1). Dunque le forze centrali de'men-

to-

(1) *Il seno verso d'un arco infinitamente piccolo è eguale al quadrato di questo arco diviso pel diametro del cerchio.*

Si tiri la corda PB, sarà AEB un angolo alla periferia fatto dalla corda e dal diametro, la cui misura sarà l'arco infinitamente piccolo AB. Sarà BD seno retto, ed AD seno verso di questo arco.

Si deve dimostrare essere $AD = \frac{AB^2}{AE}$.

Essendo l'arco AB infinitamente piccolo, niente; o infinitamente poco differisce da una retta: si può dunque prendere AB per una retta, ed il triangolo ABE per un triangolo rettilineo inscritto nel cerchio. Esso è rettangolo in B; poichè sottende il diametro AE, e la sua misura è la metà della periferia.

Essendo il triangolo ABE rettangolo in B, la linea o il seno BD è una perpendicolare calata dall'angolo retto all'ipotenusa AC. Dunque abbiamo due triangoli rettangoli, ABE rettangolo in B, ed ABD rettangolo in D; ma per la proprietà del triangolo rettangolo (prop. 8, l. 6) si ha quest'analogia: il lato AD del minor triangolo alla sua ipotenusa AB, come il lato AB del maggior triangolo alla sua ipotenusa AE; ovvero più brevemente $AD : AB :: AB : AE$, dunque $AD = \frac{AB^2}{AE}$, e per la stessa ragione sarà $ad = \frac{ab^2}{ae}$.

Scolio I. Si avverta che quando si dice AD essere uguale ad $\frac{AB^2}{AE}$, ovvero ad $\frac{AB^2}{AF}$, s'intende dire solamente che AD cresce o si diminuisce a misura che cresce o si diminuisce la quantità espressa da $\frac{AB^2}{AE}$, ovvero, $\frac{AB^2}{AF}$; lo stesso si dica relativamente ad $ad = \frac{ab^2}{af}$.

Scolio II. Questa proprietà non si limita solamente al cerchio, ma conviene egualmente a qualunque curva, pel punti della quale A e B possa passare un circolo della stessa curvatura; poichè in quel caso l'arco AB appartiene all'una e all'altra curva, ed ha lo stesso valore. Per altro AE non sarà il diametro della curva descritta dal mobile, ma il diametro del circolo. Quanto più l'arco AB dell'orbita descritta dal mobile avrà una maggior curvatura, tanto più il dia-

mo-

trovati corpi A, a, venendo espresse da AD, ad, saranno fra loro come il quadrato di AB diviso per AE, al quadrato di ab diviso per ae; siccome si era proposto; oppure come il quadrato di AB diviso per AF, al quadrato di ab diviso per aF; per esser i diametri fra loro come i raggi (1).

140. Essendosi l'anzidetto movimento de' corpi A, a, supposto uniforme; è chiaro che gli archi descritti in un dato tempo sono fra loro come le velocità de' mentovati due mobili (§. 95). Che però sostituendo cosiffatte velocità agli archi AB, ab; le forze centrali saranno nel detto caso come il quadrato della velocità del corpo A diviso per AE, al quadrato della velocità del corpo a diviso per ae (2). Dal che si deduce, che se

un

metro AE del circolo che passa per questi due punti, sarà breve; e viceversa quanto minore sarà la curvatura dell'arco AB, tanto più lungo sarà il diametro AE del circolo che passa per questi due punti.

(1) Per quello che abbiamo dimostrato nella nota antecedente, è

$$AD = \frac{AB^2}{AE}, \text{ ed } ad = \frac{ab^2}{ae}; \text{ dunque avremo questa proporzione } AD : ad ::$$

$$\frac{AB^2}{AE} : \frac{ab^2}{ae}, \text{ ma sta } AE : ae :: AF : aF, \text{ perchè i tutti stann}$$

no come le loro metà, dunque sostituendo la seconda ragione in luogo della prima nell'autecedente proporzione, avremo in vece AD :

$$ad :: \frac{AB^2}{AF} : \frac{ab^2}{aF}, \text{ cioè, le forze centrali sono come i quadrati degli}$$

archi divisi pei raggi.

(2) Essendo gli spazj infinitesimi AB, ab, scorsi nello stesso tempo con moto equabile, saranno detti spazj proporzionali alle loro corrispondenti celerità. Quindi se facciamo AB = C, ed ab = c, celerità che corrispondono a questi spazj, AD = V, ed ad = v, espressione delle forze, AF = R; ad aF = r per indicare i raggi, avremo in tal caso

$$V : v :: \frac{C^2}{R} : \frac{c^2}{r}.$$

Corollario I. Essendo in tempi infinitesimi eguali sempre $V = \frac{C^2}{R}$, e

così nell'altro cerchio $v = \frac{c^2}{r}$, ne segue che la quantità $\frac{C^2}{R}$ la tem-

un Pianeta, per cagion di esempio, rivolgendosi in una determinata orbita, venisse per avventura a raddoppiare la sua velocità, converrebbe assolutamente, che la forza centrale si aumentasse del quadruplo per poterlo ritenere, essendo 4 il quadrato di 2.

141.

tempi infinitesimi eguali sarà sempre la medesima, e per questo in ogni istante la forza in un cerchio sarà sempre eguale.

Corollario II. Poichè gli archi simili sono come i raggi, avremo $AB : ab :: R : r$; dunque introducendo le celerità in luogo degli archi, sarà $C : c :: R : r$, ma $V = \frac{C^2}{R}$, ed $v = \frac{c^2}{r}$ (§. 140); dun-

que $V = \frac{R^3}{R}$, ed $v = \frac{r^3}{r}$, cioè, $V = R$, ed $v = r$, oppure $V : v :: \frac{R^3}{R} : \frac{r^3}{r} :: R : r$, vale a dire, le forze saranno come i raggi; così pure la celerità nel medesimo cerchio sarà sempre la stessa, essendo costantemente $C = R$.

Corollario III. Se le celerità in due cerchi disuguali saranno eguali, le loro forze centrali saranno nella ragion inversa dei loro raggi.

In fatti essendo $V : v :: \frac{C^2}{R} : \frac{c^2}{r}$ (§. 140), e $C^2 = c^2$, perchè per ipotesi $C = c$, si potrà farne l'unità che indica la celerità essere costantemente la stessa invece di C e c , e la superiore analogia sarà cambiata in questa $V : v :: \frac{1}{R} : \frac{1}{r}$, oppure in quest'altra $V : v :: r : R$, perchè le frazioni che hanno eguali i numeratori, sono nella ragion inversa dei denominatori.

Corollario IV. Se sarà $C = \frac{1}{R}$, e $c = \frac{1}{r}$, cioè, se le velocità saranno nella ragion inversa dei raggi, le forze centrali nei cerchi saranno nella ragion reciproca dei cubi delle distanze, o raggi, cioè, sarà $V : v :: R^3 : r^3$. Infatti essendo per ipotesi $C = \frac{1}{R}$, e $c = \frac{1}{r}$, sarà $C^2 = \frac{1}{R^2}$, e $c^2 = \frac{1}{r^2}$; ma $V : v :: \frac{C^2}{R} : \frac{c^2}{r}$ (§. 140); dunque $V : v :: \frac{1}{R^2 R} : \frac{1}{r^2 r} :: \frac{1}{R^3} : \frac{1}{r^3}$, e moltiplicando la seconda ragione prima per R^3 , e poi per r^3 , $V : v :: r^3 : R^3$.

141. Movendosi due corpi in due cerchi uniformemente, le velocità saranno direttamente come i raggi, ed inversamente come i tempi periodici, che sono i tempi ch'essi impiegano nel fare le loro intere rivoluzioni. Imperciocchè la velocità essendo determinata, il tempo periodico dev'esser proporzionale alla circonferenza; essendo ben chiaro, che ci bisognerà maggior tempo per iscorrere una circonferenza maggiore con una determinata velocità, che per iscorrerne una minore. D'altra parte essendo determinata la circonferenza, il tempo periodico sarà inversamente come la velocità; vale a dire, che ci vorrà maggior tempo a misura, che la velocità è minore, ed al contrario. Finalmente non essendo determinata nè la velocità, nè la circonferenza, il tempo periodico sarà nella ragion diretta della circonferenza, e nell'inversa della velocità; che val quanto dire, come la circonferenza, oppure il raggio (essendo i raggi come le circonferenze) diviso per la velocità: conseguentemente la velocità sarà come il raggio diviso pel tempo periodico; attesochè in ogni divisione il dividendo diviso pel quoziente, esprime il divisore. Illustriamo questa verità con un esempio, giacchè dovremo farne uso ragionando del moto de' corpi celesti. Suppon-
 TAV. 1.
 FIG. 6.

gasi il raggio x , ossia la circonferenza ABE per cui si rivolga il corpo A , uguale ad 8, e la velocità uguale a 2: dividendo 8 per 2, il quoziente 4 esprimerà il tempo periodico impiegato da A nel descrivere quel cerchio. La circonferenza abe , su cui si aggira il corpo a , oppure il suo raggio, suppongasi uguale a 6, e la velocità uguale a 3: il quoziente 2 esprimerà il tempo periodico di a . Or dividendo il raggio 8 (ch'è il dividendo) pel tempo periodico 4 (ch'è il quoziente), si avrà il quoziente 2 uguale alla velocità del corpo A , ossia al divisore; siccome dividendo il raggio 6 pel tempo periodico 3, il quoziente 2 sarà uguale alla velocità di a . Procedendo più oltre nel sostituire altre espressioni alle fin qui proposte; e prendendo il raggio diviso

pel tempo periodico in vece della velocità; si avrà la forza del corpo A a quella di a , come il raggio AF diviso pel quadrato del tempo periodico di A, al raggio a F diviso pel quadrato del tempo periodico di a (1).

142.

(1) Nel moto equabile essendo $C = \frac{S}{T}$, ed essendo nel caso nostro lo spazio uguale alla circonferenza, la quale è pure proporzionale al raggio, si avrà $S \propto R$, cioè, $C = \frac{R}{T}$, e $c = \frac{r}{t}$, e perciò $C^2 = \frac{R^2}{T^2}$, e $c^2 = \frac{r^2}{t^2}$; ma si ha pure per le cose dette (§. 140) $V : v :: \frac{C^2}{R} : \frac{c^2}{r}$; dunque $V : v :: \frac{R^2}{T^2 \cdot R} : \frac{r^2}{t^2 \cdot r}$, e cancellando nella seconda ragione le lettere comuni ai numeratori e denominatori $V : v :: \frac{R}{T^2} : \frac{r}{t^2}$, e moltiplicando la seconda ragione prima per T^2 , e poi per t^2 , $V : v :: R t^2 : r T^2$, cioè, le forze centrali sono nella composta della diretta dei raggi, e della reciproca dei quadrati dei tempi periodici.

Corollario I. Se i tempi periodici saranno come i raggi elevati ad una stessa potenza n , le forze centrali saranno inversamente come i raggi elevati alla potenza $2n - 1$. Infatti se si ha per ipotesi $T : t :: R^n : r^n$, sarà anche, elevando tutti i termini della proporzione alla seconda potenza (il che non altera il suo valore come si sa dal calcolo degli esponenti) $T^2 : t^2 :: R^{2n} : r^{2n}$; ma era (§. 141) $V : v :: \frac{R}{T^2} : \frac{r}{t^2}$; dunque sostituendo R^{2n} , r^{2n} in luogo di T^2 , t^2 , si avrà $V : v :: \frac{R}{R^{2n}} : \frac{r}{r^{2n}}$, ovvero, dividendo la seconda ragione secondo i metodi della divisione delle potenze algebriche, $V : v :: \frac{1}{R^{2n-1}} : \frac{1}{r^{2n-1}}$.

141. Movendosi un corpo per una curva qualunque per virtù di una forza, che renda costantemente ad un punto, che sia dentro di quella, come ad un centro; se da varj punti degli archi di quella curva, ne' quali il

H 2

mo-

Corollario II. Se i quadrati dei tempi periodici saranno come i cubi delle distanze le forze centrali saranno reciprocamente come i quadrati delle loro distanze. Sia per ipotesi $T^2 : t^2 :: R^3 : r^3$. Poichè abbiamo $V : v :: \frac{R}{T^2} : \frac{r}{t^2}$ (§. 141), si avrà, sostituendo la

ragione di $R^3 : r^3$ in luogo di quella di $T^2 : t^2$, $V : v :: \frac{R}{R^3} : \frac{r}{r^3}$, e cancellando nella seconda ragione i termini comuni al

numeratore e denominatore, $V : v :: \frac{1}{R^2} : \frac{1}{r^2}$.

Corollario III. Se le forze centrali staranno inversamente come i quadrati delle distanze, i quadrati dei tempi periodici saranno come i cubi di dette distanze. Abbiamo per ipotesi $V = \frac{1}{R^2}$; ma dalle cose

dette (§. 140) abbiamo ancora $V = \frac{R}{T^2}$; dunque $\frac{R}{T^2} = \frac{1}{R^2}$, e

riducendo queste frazioni al medesimo denominatore, sarà $\frac{R^3}{T^2 R^2} =$

$\frac{1}{T^2 R^2}$, cioè, $R^3 = T^2$, poichè due frazioni d'uguale denominatore sono come i numeratori. Similmente si dimostrerà essere $r^3 = t^2$, e perciò $T^2 : t^2 :: R^3 : r^3$, come doveva essere.

Corollario IV. Se i quadrati dei tempi periodici sono come i cubi delle distanze, le velocità saranno in ragion inversa delle radici quadrate delle stesse distanze. Sia $T^2 : t^2 :: R^3 : r^3$, sarà pure estraendo la radice quadrata da ogni termine della proporzione $T : t :: \sqrt{R^3} : \sqrt{r^3}$, oppure $T : t :: R\sqrt{R} : r\sqrt{r}$ (per ciò che s'insegna nei metodi del calcolo delle radicali). Ora il moto in

un cerchio è equabile, e perciò abbiamo (§. 141) $C = \frac{S}{T} = \frac{R}{T}$,

perchè $S = R$; dunque sostituendo in quest'equazione il termine cor-

rispondente a T della proporzione superiore, si avrà $C = \frac{R}{R\sqrt{R}}$,

e can-

mobile successivamente si ritrova, si tirino altrettante linee rette, che vadano ad unirsi in quel centro; i vani contenuti ne' triangoli così formati saranno proporzionali ai tempi impiegati dal mobile per descrivere i detti archi; che val quanto dire, *che le aie descritte dal mobile nelle accennate circostanze, saranno proporzionali ai*

Tav. I.
Fig. 7.

tempi. Suppongasi perciò, che il mobile A venga proiettato lungo la retta AC con una forza tale, che possa descrivere lo spazio AB nel primo istante di tempo. In tal caso, passando il raggio vettore da RA in RB, descriverebbe l'aia ARB nel tempo divisato. Or egli è chiaro, che se una tal forza di proiezione si lasciasse operare con libertà, il mobile A in virtù della rapportata prima legge di moto (§. 133) correrebbe nel secondo istante la retta BC uguale ad AB; e quindi descriverebbe l'aia BRC uguale ad ARB; imperciocchè avendo questi due triangoli le loro basi AB, e BC uguali, ed oltreciò la comune altezza RX; sono uguali tra essi. Ma poichè vien egli nel tempo stesso tratto giù verso R dalla forza centripeta (che supporremo uguale a BS cioè *seno verso* (§. 138)); sarà conseguentemente obbligato a descrivere la retta BD in vece di BC, oppur di BS, siccome si dimostrerà a suo luogo (1); ond'è che descriverà l'aia BRD in luogo di BRC.

e cancellando i termini comuni al numeratore ed al denominatore, sarà

$$C = \frac{x}{\sqrt{R}}, \text{ e per la stessa ragione } c = \frac{x}{\sqrt{r}}, \text{ e riducendo quest'equa-}$$

$$\text{zioni in proporzione } C : c :: \frac{x}{\sqrt{R}} : \frac{x}{\sqrt{r}}.$$

(1) Lemma. Se un corpo A sarà spinto nello stesso tempo secondo le direzioni AB, AO in maniera che queste forze non agiscano che con la sola forza d'inerzia, il corpo A descriverà la diagonale del parallelogrammo formato sopra le direzioni date AB, AO nello stesso tempo che descriverebbe separatamente ognuno dei lati AB, AO.

Tav. ag.
Fig. 2/

Dimostrazione. Se il corpo A non fosse mosso che per la sola forza impressa secondo la direzione AB, in virtù della sua forza d'inerzia

BRG. Il fatto si è, che queste due aie sono parimente uguali tra loro, siccome quelle, che avendo BR per base comune, trovansi collocare fra le due parallele BR e CD. Per la qual cosa l'aia descritta nel primo istante sarà uguale a quella che si è descritta nel secondo. Giunto il mobile in D, procederebbe per la tangente DE (§. 135); ma poichè tratto dalla forza centripeta

H 3

ver-

zia si troverebbe nel primo istante in qualche punto della retta AB, per esempio in R, e per la stessa ragione, se non fosse spinto che dalla sola forza impressa secondo la direzione AO, si troverebbe nello stesso istante in qualche punto della retta AO, per esempio in N. Ora il moto è uniforme; dunque gli spazj percorsi in tempi eguali saranno come le celerità, e perciò sarà $AR : AN :: AB : AO$; dunque NR, OB sono due parallelogrammi simili, che vale a dire, esistono intorno al medesimo diametro (prop. 16, l. 6). Dunque RM è parallela ad AO, ed NM parallela ad AB. Ora il corpo non potendo andare nè per AB nè per AO, ma al di dentro dell'angolo BAO in tal maniera, che sia sempre $AR : AN :: AB : AO$, segue che si debba trovare nel punto M, dove queste parallele si uniscono, ed in conseguenza per le cose dimostrate nella diagonale AD. Ma lo stesso raziocinio ha luogo per qualunque altro punto della tetta AD; dunque il corpo descrive la diagonale AB.

Corol. Abbiamo veduto che il corpo descrive la diagonale nel caso che il moto sia uniforme. Ma se il moto per AB fosse uniforme, e quello per AO fosse accelerato con qualsivisia legge, AM non sarebbe più una fetta; poichè non si avrebbe più come prima $AR : AN :: AB : AO$, ma una ragione sarebbe o maggiore o minore o uguale dell'altra; e la diagonale si cambierebbe in una curva, come si vedrà più diffusamente in seguito, la specie della qual curva dipende dalla ragione che avrà la forza insita AR all'acceleratrice AN. Nullameno se gli spazj AR, AN sono scorsi in un istante indivisibile di tempo, si può considerare AM come una linea retta senza errore sensibile, il che sarà di grand'uso nelle nostre riflessioni seguenti.

N. B. Abbiamo inserito qui questo lemma; quantunque l'Autore ne faccia lungo discorso all'Articolo del moto composto (§. 212, 213, 214) prima perchè questa è una proposizione di sommo fondamento per la chiara intelligenza di quello che immediatamente si tratta, e poi perchè restava da desiderarsi una prova un poco più esatta, e più solida, come faremo osservare nel luogo citato.

verso R, sarà forzato, come nell'istante antecedente, a scorrere il sentiere DF; di maniera che descriverà l'aia DRF in vece di DRE: le quali due aie non solamente sono uguali fra esse, per aver la base comune RD, e per esser situate fra le parallele DR ed EF; ma si uguagliano eziandio all'aia antecedente BRD, a motivo dell'uguaglianza delle basi BD, DE, de' due triangoli BRD, DRE, e della loro altezza comune. Finalmente ritrovandosi il mobile A nelle medesime circostanze in tutti gl'istanti che sieguono, descriverà uguali aie in ciascheduno di essi. Egli è dunque fuor di dubbio, che movendosi un mobile per una curva in virtù di una forza centripeta; *le aie, che descrive, sono proporzionali ai tempi*. Questa è la prima famosa legge, detta comunemente *Kepleriana*, per essere stata scoperta dal celebre astronomo Keplero: legge ammirabile e feconda di conseguenze interessantissime, come in appresso osserveremo.

Tav. 1.
Fig. 2.

143. Invertendosi cosiffatta proposizione, non si vien punto ad alterare la sua veracità; dimodochè supponendo, che un corpo movendosi lungo una curva intorno ad un punto immobile, descriva le aie proporzionali ai tempi, sarà segno evidentissimo, che verrà egli tratto da una forza centripeta verso quel punto. Come in fatti il mobile A, che descrivendo aie proporzionali ai tempi, si trova nel secondo istante nel punto B, deve necessariamente esser tratto verso R secondo la direzione BS parallela a CD, per poter procedere lungo la retta BD; siccome per iscorrere lungo DF, dev' esser tratto giù per DQ parallela ad EF; e così in appresso: ciocchè dimostrerassi ampiamente qualora ragioneremo del moto composto. Or tutte queste rette BS, DQ, &c, tendono al centro R (1). Dunque il supposto mobile,

(1) Essendo il mobile A arrivato in B, spinto da due forze, una insita che lo farebbe scorrer la linea BC, e l'altra acceleratrice per cui andrebbe per la linea BS nello stesso tempo, è chiaro dal Corollario

bile, che gira intorno a un tal centro, vien tratto verso di quello da una forza centripeta.

144. Essendo i vani de' mentovati triangoli uguali fra loro, ma le basi AB, BD, DF, ec., disuguali; ed essendo certo, che basi disuguali di triangoli uguali sono tra loro in ragion reciproca delle altezze; scorgesi ad evidenza, che le basi AB, BD, DF, ec., sono in ragion reciproca delle altezze de' triangoli ARB, BRD, DRF, ec. Ma le anzidette basi rappresentano la velocità; e le mentovate altezze sono rette perpendicolari alle tangenti di quei determinati punti della curva. Sarà dunque generalmente vero, che le velocità, con cui il mobile scorre su qualunque parte della curva, sono fra loro nella ragion reciproca delle perpendicolari tirate dal centro fino alle tangenti di quelle parti della curva (1); che val

H 4

quan-

lario precedente che se questo tempo è infinitesimo, il piccolo arco BD si può considerare come una linea retta senza errore sensibile. Arrivato lo stesso corpo nel punto D, se fosse spinto dalla sola forza d'inerzia, quella medesima che, quando era in B, lo spingeva per BC, in un istante eguale di tempo percorrerebbe la linea DE = BD, ma viene anche spinto nello stesso tempo dalla forza centripeta che agisce per DQ, dunque è costretto a percorrere, pel Lemma precedente, la retta DF. Si tirino le rette RE, RF.

Poichè le aie sono proporzionali ai tempi, in tempi uguali le aie saranno eguali; ma si suppongono RBD, RDF descritti in tempi uguali; dunque RBD = RDF; ma RBD = RDE (prop. 1, l. 6) supposta tirata RE, poichè le basi BD, DE eguali esprimono la forza insita nel medesimo tempo; dunque il triangolo RDE = RDF; dunque questi triangoli esistono tra le medesime parallele (prop. 40, l. 1) cioè, FE parallela a DQ; dunque FR concorre con DR nel punto R, cioè il mobile in B, D, F tende al punto R nelle direzioni BS, DQ, FR.

(1) Dimostrazione. Sia Q la perpendicolare calata da R sopra BD, e sia q quella calata dallo stesso punto sopra DF.

Abbiamo (§. 143) RBD : RDF :: T : t; ma per ipotesi le aie sono eguali, cioè, RBD = RDF; dunque sarà anche T = t; ma quando i tempi sono eguali, in un istante infinitesimo, le celerità sono proporzionali agli spazi; dunque sta C : c :: BD : DF. Ora nei trian-

quanto dire, che siffatte velocità si fan minori a misura che coteste perpendicolari si allungano, ed a vicenda; siccome in fatti avvien nell'ellisse. E poichè le rette tirate dal centro di un cerchio, perpendicolari a' varj punti della sua circonferenza, sono altrettanti raggi dello stesso cerchio, ed in conseguenza uguali; rendesi parimente evidentissimo, che un mobile, il quale, movendosi in giro, descrive la periferia di un cerchio, trovasi avere uguali velocità in ogni punto di siffatta curva, e conseguentemente si muove con moto uniforme.

145. Non v'ha cosa nel mondo, ove campeggiar si veggano tanto mirabilmente, e nel lor grande le forze centrali fin qui mentovate, quanto nell'ordine e nel moto de' corpi celesti, i quali per la sola virtù di quelle, quasichè sospesi alla cerulea volta del cielo, eseguono con portentoso artificio il regolare lor corso intorno al centro dell'Universo. Laonde la loro speciale considerazione ci chiama ad esaminare prima di tutto cotesto ordine, e siffatti movimenti, per poter fare dipoi una ragionata e conveniente applicazione delle già dichiarate dottrine (1).

AR.

triangoli uguali le basi sono in ragion reciproca delle altezze (prop. 14, I. 6); dunque si ha $BD : DF :: q : Q$, e perciò $C : c :: q : Q$, come dovea dimostrarsi.

Corollario. Dunque se le aie non sono proporzionali ai tempi, la forza centripeta non tende costantemente verso lo stesso punto R, ma sopra o sotto di detto punto, secondo che è maggiore o minore la celerità. Questo ha luogo nei moti della Luna, la quale, per così dire, sembra che sfugga una delle note leggi delle forze centrali in tutti i punti della sua orbita, fuorchè nei punti del Novilunio e Plenilunio, e nelle due Quadrature, nei quali punti solamente descrive aie prossimamente proporzionali ai tempi.

(1). Prima di lasciare questo importante Articolo delle forze centrali, vogliamo dare i tre seguenti generali teoremi, i quali unitamente a ciò che abbiamo inserito su questo proposito nelle nostre note, comprenderanno almeno tutto quello ch'è più necessario a sapersi su queste matetie, che sono di tanto uso specialmente nell'Astronomia.

ARTICOLO II.

Breve Saggio di Cosmografia.

146. **L**A giornaliera osservazione degli Astri, i quali levandosi costantemente dal canto orientale dell'orizzonte, prendono sensibilmente il lor corso verso l'occidente, è stato sempre un fortissimo motivo per far cre-

Teorema I. In ogni curva la forza centrale è in ragion composta della diretta del raggio vettore, e dell'inversa del raggio osculatore, come pure della triplicata inversa del perpendicolo calato dal centro delle forze nella tangente dell'orbita.

Dimostrazione. Tocchi la retta PN la curva QMT nel punto M, Tav. 25.
 sia O il centro delle forze, cioè, quel punto, al quale il mobile che ^{fig. 2.}
 girasi per una curva, è continuamente attratto dalla forza centripeta, sia OM il raggio vettore, cioè, una retta condotta dal centro delle forze al punto della curva ove si trova il corpo, e sia CM il raggio osculatore. Si cali da O la perpendicolare OP alla tangente PN, si meni ON infinitamente vicino ad OM, come pure CR infinitamente vicino a CM. L'arco infinitesimo Mm della curva QMT si può considerare come un arco circolare descritto col raggio CM. La forza centripeta che agisce verso il centro del circolo, sarà rappresentata da Rm, essendo questa linea lo spazio pel quale si allontana il corpo dalla tangente PN per ubbidire alla forza centrale C. Per la stessa ragione la forza centripeta che operà verso il centro delle forze O, sarà rappresentata da Nm. Abbiamo l'angolo mRN $\cong$ CMN + MCR (per la prop. 32, l. 1) $\cong$ CMN, poichè l'angolo MCR essendo infinitamente piccolo, si può considerar come $\cong 0$; ma l'angolo CMN è retto, dunque è retto anche l'angolo mRN, e perciò uguale all'angolo P. Inoltre abbiamo l'angolo PMO $\cong$ MNO + MON $\cong$ MNO, poichè MON essendo infinitamente piccolo, si può considerar come nullo. Nei due triangoli dunque PMO, RNm vi sono due angoli l'uno all'altro eguali, cioè, P $\cong$ R, ed M $\cong$ N; dunque sarà eguale anche il terzo POM al suo corrispondente RmN, ed i suddetti triangoli saranno equiangoli e simili, e perciò avremo (prop. 4, l. 6) questa proporzione mR : mN : : PO : MO, cioè, la forza centrale che tende verso il centro del circolo osculatore, sta alla forza centripeta che agisce verso

eredere non solamente al volgo, ma eziandio alla numerosa schiera de' filosofi di tutt' i tempi, e di tutte le nazioni, che la Terra, cui abitiamo, fosse del tutto immobile e per così dire radicata nel centro dell'universo;

il centro delle forze, (come la perpendicolare calata dal centro delle forze sulla tangente sta al raggio vettore. Sia $Rm = V$, $Nm = x$, avremo come sopra $V : x :: PO : MO$; ma $V = \frac{C^2}{MC}$ (§. 139) essendo Mm un arco infinitesimo circolare, il cui raggio è MC ; dunque facendone la sostituzione, si avrà $\frac{C^2}{MC} : x :: PO : MO$; ora sappiamo che la celerità C in ogni punto della curva $Q M m T$ (§. 144), è in ragion inversa del perpendicolo calato dal centro delle forze alla tangente della curva, cioè, $C = \frac{x}{PO}$, e perciò $C^2 = \frac{x}{PO^2}$; dunque sostituendo $\frac{x}{PO^2}$ in luogo di C^2 nella proporzione superiore, si avrà $\frac{x}{PO^2} : x :: PO : MO$, e facendo il prodotto dei medi e degli estremi $x \times PO = \frac{MO}{PO^2 \times MC}$, e dividendo tutto per PO per lasciar x solo, sarà finalmente $x = \frac{MO}{PO^2 \times MC \times PO} = \frac{MO}{PO^3 \times MC}$, come dovea dimostrarsi.

Teorema II. *Se un corpo si muove in una sezione conica, la forza centrale che tende al foco, starà in ragion inversa del quadrato del raggio vettore, cioè, della distanza dal centro delle forze.*

Tav. ag.
fig. 9.

Dimostrazione. Sia AOZ una sezione conica, F il suo foco, DO la tangente, ON la normale, OPN il cerchio osculatore, AFR l'asse, sarà FO il raggio vettore. Si prolunghi la normale fino ad incontrar l'asse in R , e da questo punto si cali RV perpendicolare al raggio vettore, e si meni FD perpendicolare alla tangente. Saranno simili i due triangoli FDO , ROY , essendo retti gli angoli D , Y per costruzione, ed uguali gli angoli DFO , ROY (prop. 27, l. 1). Dunque avremo la seguente analogia $FD : FO :: YO : RO$, e perciò sarà $FD = \frac{FO \times YO}{RO}$; ma in ogni sezione conica $YO = \frac{p}{2}$, cioè, la parte del raggio vettore OY intercetta fra il punto della cur-

so; e che tutt' i corpi celesti facessero giornalmente intorno ad essa le loro rivoluzioni. Siffatta naturalissima idea fu particolarmente adottata, e messa in chiaro dal gran Tolommeo, filosofo e geografo di gran rinoman-

za

curva O, e della perpendicolare RY calata dal punto R, ove la normale incontra l'asse, è uguale alla metà del parametro dell'asse stesso; dunque sostituendo, sarà $FD = \frac{FO \times \frac{1}{2} p}{RO}$, ed elevando tutti e due

i membri dell'equazione alla terza potenza, sarà $FD^3 = \frac{FO^3 \times \frac{1}{8} p^3}{RO^3}$;

ma pel teorema I. abbiamo $V = \frac{FO}{FD^3 \times R}$, se R si denomina il rag-

gio del circolo osculatore OPN uguale ad OM; dunque sostituendo in questa seconda equazione il valore di FD^3 trovato nella prima,

si avrà $V = \frac{FO}{\frac{FO^3 \times \frac{1}{8} p^3}{RO^3} \times R} = \frac{FO \times RO^3}{FO^3 \times \frac{1}{8} p^3 \times R}$; ma

$R = \frac{RO^2}{\frac{1}{2} p^2}$ (De la Caille Sez. Con. §. 287), cioè, il raggio del

cerchio osculatore uguale al cubo della normale diviso per la quarta

parte del parametro dell'asse; dunque $V = \frac{FO \times RO^3}{FO^3 \times \frac{1}{8} p^3 \times \frac{RO^2}{\frac{1}{2} p^2}}$,

$= \frac{FO \times RO^3 \times \frac{1}{2} p^2}{FO^3 \times \frac{1}{8} p^3 \times RO^2} = \frac{1 \times \frac{1}{2} p^2}{FO^2 \times \frac{1}{8} p^3} = \frac{1 \times \frac{1}{2} p^2}{FO^2 \times \frac{1}{8} p^3}$.

$= \frac{1 \times 4}{FO^2 \times p}$; ma $\frac{4}{p}$ è una quantità costante in ogni punto della

curva, e quindi non altera il valore della ragione $\frac{1}{FO^2}$; dunque

$$V = \frac{1}{FO^2}.$$

Teorema III. Se la forza d'un corpo che si muove in una curva, stard in ragion inversa del quadrato del raggio vettore, questa curva sarà una sezzion conica.

Dimostrazione. Abbiamo per ipotesi $V = \frac{1}{FO^2}$; ma pel teore. Tav. 2.^a fig. 2.

ma I. si ha $V = \frac{FO}{FD^3 \times R}$, oppure per essere i raggi proporzionali

q

Tav. III.
Fig. 3.

za del secolo dell'era volgare, il quale si sforzò di stabilire, che intorno alla Terra, collocata immobilmente nel centro del Mondo, si aggirasse primieramente la luna, indi ordinatamente di mano in mano, Mercurio, Ve-

$$\text{ai diametri, } V \cong \frac{FO}{FD' \times NO}; \text{ dunque } \frac{1}{FO^3} \cong \frac{FO}{FD' \times NO},$$

è liberando quest'equazione dai divisori, $FD' \times NO = FO^2$, e mettendola in proporzione $FO^2 : FD' :: NO : 1$. Ora i due triangoli FDO , PON sono simili, poichè gli angoli D e P sono retti, e sono eguali gli angoli DFO , PON (prop. 27, l. 1); dunque se ne può avere la seguente proporzione $FO : FD' :: NO : PO$, ed elevando ogni termine della proporzione alla terza potenza $FO^3 : FD'^3 :: NO^3 : PO^3$; ma si aveva sopra $FO^2 : FD' :: NO : 1$; dunque si avrà $NO^3 : PO^3 :: NO : 1$. Facciasi adesso $ON : PO :: PO : Ox :: Ox : Oq$, sarà per le regole delle proporzioni continue $ON : Oq :: ON^3 : OP^3$; dunque $FO^2 : FD'^2 :: ON : Oq$; ma $FD' \times NO = FO^2$ per quello che abbiamo veduto sopra; dunque sostituendo avremo $FD' \times NO : FD'^2 :: ON : Oq$, e dividendo gli antecedenti della proporzione per NO , $\frac{FD' \times NO}{NO} : FD'^2 :: \frac{NO}{NO} : Oq$, ossia $FD' : FO^2 :: 1 : Oq$; e perciò $Oq \cong 1$; dunque $ON : Oq$ è una ragione costante, e perciò la curva in cui il corpo si muove, è di tal specie che dà sempre $FO^2 : FD'^2 :: ON : Oq$ in qualunque punto. Si aveva sopra $ON : OP :: OP : Ox :: Ox : Oq$, e perciò sostituendo le quantità corrispondentemente proporzionali, sarà pure $OM : OE :: OE : OR :: OR : OY$, e perciò $OM : OE :: OR^2 : OY^2$; ma abbiamo sopra $FO^2 : FD'^2 :: NO^2 : PO^2$, e $NO^2 : PO^2 :: OR^2 : OY^2$; dunque $FO^2 : FD'^2 :: OR^2 : OY^2$, ed estraendo la radice cuba $FO : FD' :: OR : OY$; dunque i due triangoli FOD , OYR avendo l'angolo $DFO = YOR$, e i lati intorno a questi angoli proporzionali, saranno (per la pr. 6 l. 6) simili. Ma in ogni punto della curva ha lungo questa proprietà; dunque OR sarà la normale, ed OY la metà del parametro, cioè, la curva è una sezione conica.

Scolio I. Per far cosa grata a quelli che non sono affatto digiuni del calcolo sublime, vogliamo dare un'espressione della formula generalissima sulle forze centrali del celebre Varignon, che noi ricaveremo con somma facilità e chiarezza dal primo de' nostri teoremi.

Tav. II.
Fig. 8.

Sia $MC = n$, $MO = x$, sarà $mK = dx$. Sia inoltre $MK = dz$, l'ar.

Venere, il Sole, Marte, Giove, e Saturno, a cui sovrastava poscia il Firmamento, ossia il Cielo delle Stelle fisse, sparse come che fosse su quello, alla guisa di tanti fulgidi chiodi. V'erano al disopra due altri cieli, ovvero due altre sfere di purissimo e duro cristallo;

L'archetto $Mm = ds$, ed il tempuscolo che impiega il mobile a percorrere l'archetto $Mm = dt$. Essendo MK un archetto circolare infinitamente piccolo, potrà prendersi per una retta perpendicolare ad Om ; dunque $\frac{Om \times MK}{2} = OMm = (\S. 122) dt$, oppure

re $Om \times MK = dt$, per essere i tutti come le loro metà, cioè,

$OKKm \times MK = dt = x + dx \times dz = xdz + dx dz = xdz$, essendo $dx dz$ pel calcolo differenziale una quantità sempre trascurabile. Ora i due triangoli PMO , MKm sono simili com'è facile a concepirsi per le osservazioni seguenti. Essendo l'arco Mm infinitamente piccolo, va a cadere nella tangente MN , e si può prendere senza errore sensibile come una parte della tangente stessa. In questo caso l'angolo PMO è uguale all'angolo $MmO + MOm$ (prop. 32, l. 1); ma l'angolo MOm è infinitamente piccolo, e l'angolo MmO è il medesimo che l'angolo MmK ; dunque l'angolo $PMO = MmK$. Di più $K = P$ perchè retti, e perciò i due triangoli PMO , MKm hanno due angoli l'uno all'altro eguali, cioè, $P = K$, e $PMO = MmK$; dunque sarà uguale anche il terzo POM al suo corrispondente mMk (Cor. 9, pr. 32, l. 1, par. 2), ed i detti due triangoli saranno simili, ed avranno i loro lati omologhi proporzionali (pr. 4, l. 6), onde sarà vera questa proporzione $Mm : MK :: MO : OP$, oppure $ds : dz :: x : OP = \frac{xdz}{ds}$, ed ele-

vando tutti i termini alla terza potenza $Op^3 = \frac{x^3 ds^3}{ds^3}$; ma pel teo-

rema I. generale la forza centrale in qualunque curva, cioè, $V = \frac{MO}{OP^3 \times MC}$; dunque sostituendo in questa formale i suoi valori

corrispondenti, sarà $\frac{MO}{PO^3 \times MC} = \frac{x}{\frac{x^3 dz^3}{ds^3} \times n} = \frac{x ds^3}{n x^3 dz^3} = \frac{ds^3}{n x^2 dz^3} = \frac{ds^3}{n x^2 dz^3 \times dx}$; ma sopra abbiamo fatto osservare

esse-

lo; e il tutto veniva ricoperto in ultimo dal massimo cielo, ossia dal *primo Mobile*, il quale aggirandosi con indicibile rapidità intorno a se stesso dall'Oriente all'Occidente nel tratto di 24 ore, trasportava seco mirabilmente tutt' i cieli inferiori in se racchiusi, nella medesima direzione. A siffatta costituzione dell' Universo diessi la denominazione di *Sistema Tolemmaico*.

147. Fra gli antichi filosofi della Grecia v'era stato però chi avea immaginato, che la stabilità della Terra, e il movimento del Sole riputar si dovessero un errore del volgo; e che la Terra con tutt' i rimanenti corpi celesti si rivolgesse effettivamente all' intorno del Sole, costituito nel centro dell' intero sistema. Un sentimento par-

essere $x dx \doteq dt$, e perciò $x^2 dx^2 \doteq dt^2$; dunque sostituendo sarà $\frac{MO}{PO^2 \times MC} = \frac{ds^2}{ndt^2 dx}$.

Scolio II. Dalle cose sopra esposte si ricava un metodo facile per trovare le masse dei Pianeti, date le loro distanze ed i loro tempi periodici, il che serve d'un grand'uso nell'Astronomia. Si ha $V \doteq \frac{M}{D^2}$, e moltiplicando per D^2 , sarà $VD^2 \doteq M$. Ora nel cerchio

la forza centrale $V \doteq \frac{C^2}{R} \doteq \frac{C^2}{D}$, poichè $D \doteq R$; dunque sostituendo, sarà $\frac{C^2 D^2}{D} \doteq M$, ed essendo pure $C \doteq \frac{S}{T} = \frac{R}{T} = \frac{D}{T}$,

cioè $C^2 \doteq \frac{D^2}{T^2}$, sarà $\frac{D^2}{T^2} \doteq M$, cioè, la massa uguale al cubo della distanza diviso pel quadrato del tempo periodico. Questa proprietà è applicabile solamente a quei Pianeti, intorno ai quali si aggira qualche satellite, come si rileva dal suddetto calcolo e dal paragrafo §. 194. Vuolsi per altro notare che non movendosi la Luna intorno al centro della Terra, ma intorno al comun centro di gravità, la distanza D non è propriamente la distanza dal centro della Terra, e quindi l'espressione $\frac{D^2}{T^2} \doteq M$ non è di tutta esattezza. Inoltre si è omissa

l'azion del Sole, che turba la gravità della Luna di qualche asseguabile quantità, come opportunamente vedrassi a suo luogo.

particolare, andato bentosto in obbligo, come ciascun può immaginare, sembrando che si opponesse direttamente al senso comune, fu poi arditamente ravvivato ed abbellito con somma felicità da un certo Niccolò Copernico, nativo della città di Thorn nella Prussia Reale, canonico di Vormia, e famosissimo astronomo del secolo XVI. Stabili egli adunque, che il Sole collocato immobilmemente nel centro sensibile dell' Universo, ed aggirandosi soltanto con moto vertiginoso intorno al suo asse, facesse rivolgere intorno a se, in virtù di forze centrali, tutti i pianeti con ordine tale, che immediatamente gli si aggirasse intorno Mercurio, indi Venere, la Terra, Marte, Giove, e Saturno; a cui poscia sovrasta il Pianeta Herschel recentemente scoperto. Succedono finalmente le stelle fisse, che col loro scintillante splendore vagamente adornano lo spazio immenso del Firmamento. Esse però non fanno parte del nostro sistema; e par verisimile, che a guisa di altrettanti soli costituiscano il centro di altri mondi a noi sconosciuti. Intorno alla Terra si aggira la Luna; intorno a Giove altre quattro Lune, scoperte dal Galilei; sette altre intorno a Saturno, che scorgesi cinto da un anello luminoso; e finalmente due altre intorno ad Herschel. A tutte coteste Lune, dette più comunemente *Satelliti*, suol darsi il nome di *Pianeti secondarij*, a distinzione de' sette primi, i quali rivolgendosi immediatamente intorno al Sole, prendono con ragione la denominazione di *primarij*. Ecco dunque qual è in accorcio il *Sistema Copernicano*; da cui ben vedete essersi del tutto bandite le solide volte immaginate da Tolommeo, ossia i cieli di cristallo. Si può tuttocchè chiaramente scorgere dalla Figura 3 della tavola III, e dalla figura 3 della tavola V. Ritrasse cotale sistema un notabil vantaggio dall'essere stato preso in considerazione dall'immortal Galilei, sommo lume ed ornamento della nostra Italia, cui costò per sua avventura infinito travaglio e fiera persecuzione il volerlo spacciare per vero, quantunque lo avesse ridotto alla

mas-

Tav. III
Fig. 3.
Tav. V
Fig. 3.

massima chiarezza, come si può rilevare dal suo celebre *Dialogo* intorno a tal soggetto. Keplero poi scoprì la vera forma delle orbite de' pianeti, che da Copernico eransi supposte circolari; e rintracciò alcune leggi fondamentali, che sottomisero al calcolo i loro movimenti: la scoperta però della meravigliosa legge, secondo cui opera quella forza, onde rivolgonsi i pianeti intorno al centro del loro moto, era, siccome abbiain detto (§. 63), riserbata al gran Newton, il quale l'estese felicemente alla spiegazione de' fenomeni i più astrusi, e più rilevanti della Natura, e diè così l'ultima perfezione, e mise quasi nell'evidenza il sistema copernicano.

148. Il più recente sistema del Mondo è quello di Ticone Brahè, filosofo danese del secolo XVI. Conobbe egli manifestamente l'assurdità del sistema tolemaico (§. 146); e non volendo adottare il copernicano, che pareagli incomprendibile, e fuor di ragione, si avvisò di rivendicare alla Terra il centro dell'Universo, facendole girare intorno la Luna, e poscia il Sole: stabilì poi costesto come centro de' rimanenti pianeti, immaginando, che descrivessero intorno ad esso le loro orbite Mercurio, Venere, Marte, Giove, e Saturno, come scorgesi
 Tav. III. Fig. 4. rappresentato nella figura 4 della Tavola III.

149. Converrebbe unire le dottrine fisiche alle più sublimi dell'Astronomia per isorgere a chiaro giorno la ragionevolezza del sistema copernicano, e quindi la gran superiorità di esso su tutti gli altri finora immaginati. Tuttavolta lasciando a parte per ora quello che ne diremo sì in questo Articolo, che nella seguente Lezione, basterà qui accennare 1°. che i sistemi di Tolomeo e di Ticone non solamente non sono valevoli a spiegare tutt'i fenomeni del Cielo, ma si oppongono eziandio direttamente alle osservazioni celesti. Per rammentarne qui una sola, che possa servir di esempio, diremo, che nè Mercurio, nè Venere veggonsi giammai in opposizione col Sole; che val quanto dire, che tra essi, e il Sole non vedesi giammai frapposta la Terra. Or ciò non
 po-

potrebbe addivenire se la Terra occupasse il centro de' sistema, e se i due mentovati pianeti fossero avvolti ne' loro giri dall'orbe del Sole. Nella qual supposizione neppur potrebbero essi celarsi dietro al Sole, siccome scorgesi talvolta addivenire. 2°. La supposizione del giro diurno de' pianeti, giusta i due sistemi tolemaico e ticonico, è così lontana dal vero, che se ciò fosse, le stelle fisse, per esempio, le più prossime alla Terra dovrebbero descrivere un'orbita così enorme nello spazio di 24 ore, che quand'anche la loro velocità si supponesse uguale a quella d'una palla di cannone, che scorresse 600 piedi in ogni secondo di tempo, pure dovrebbero impiegarsi undici milioni, trecento, quarantanovemila anni per iscorrerla. Ciocchè intender si dee a proporzione ancor de' pianeti; laddove nel sistema copernicano spiegansi benissimo siffatte apparenze mercè del solo giro della Terra intorno al suo asse, di cui fra poco ragioneremo (1).

150. Fra tutti gli astri che si aggirano in Cielo, non
 Tom. I. I v' ha

(1) Una delle prove più luminose in favore del sistema copernicano si ricava dall'osservazione ed esame seguente: Abbiamo dimostrato trattando nell'Articolo antecedente della teoria delle forze centrali (§. 141 nota) che *i quadrati dei tempi periodici sono come i cubi delle distanze*. Vedremo adesso, che applicando questa verità al movimento di tutti i pianeti e satelliti nel sistema copernicano, cioè, nell'ipotesi che la Terra con tutti gli altri pianeti si muova intorno al Sole, i risultati sono tutti conformi alle osservazioni ed alle tavole astronomiche. Mentre all'opposto applicando la detta regola nel sistema tolemaico, cioè, nel caso che il Sole e i pianeti si girino intorno al nostro globo, ne risultano dei fatti totalmente opposti e contrarj alle dette osservazioni. Prendasi, per un solo esempio, dalle tavole astronomiche la ragione della distanza di Mercurio e di Venere dal Sole, ch'è di 38710 : 72333 (secondo il de la Lande) che noi per brevità esprimeremo così: $a : b$. Prendasi ancora il tempo periodico di Mercurio, ch'è di giorni 87 ore 23 minuti 15 incirca, che chiameremo T . Se noi supporremo ignoto il tempo periodico di Venere e lo esprimeremo per x , avremo la seguente analogia, $a' : b' :: T^2 : x^2$, e perciò

v'ha che il Sole e le stelle, che sono in realtà fonti di luce, ossia risplendenti di lor natura: quello è destinato ad illuminare ed a vivificare tutto ciò ch' esiste entro a' limiti del nostro sistema, e queste forse per far l'ufficio di Sole ad altri mondi a noi ignoti (r), la cui esistenza

$x^3 = \frac{T^2 \times b^3}{a^3}$, ed estraendo la radice quadrata, $x = \sqrt[3]{\frac{T^2 \times b^3}{a^3}}$. Chi avesse la sofferenza di sostituire i suoi valori a queste lettere, e far tutti i calcoli che ne sono indicati dalla formola, troverebbe $x = 229$ giorni, 16 ore, 48 minuti incirca precisamente, come si trova nelle tavole astronomiche. Applicando lo stesso calcolo a tutti gli altri pianeti, i fatti che ne risulterebbero, sarebbero della stessa esattezza. Ma la cosa è ben totalmente diversa, se ne vogliamo fare l'applicazione nel sistema tolemaico. Infatti sia il tempo della rivoluzione della Luna intorno alla Terra di giorni 27 incirca, quello del Sole di giorni 365, la media distanza della Luna dalla Terra di 60 semidiametri terrestri; se la distanza del Sole dalla Terra si chiama x , si ha la seguente proporzione: $27^3 : 365^3 :: 60^3 : x^3$, ovvero, $729 : 333225 :: 216000 : x^3$, onde $x^3 = \frac{133,225 \times 216,000}{729} = 39,460,356$, ed estraendo la radice

cubica $x = \sqrt[3]{39,460,356} = 340$. Se anche in questa ipotesi ave-

ssimo luogo questa verità delle forze centrali, la distanza del Sole dalla Terra dovrebbe essere di 340 semidiametri terrestri. Ma secondo tutte le osservazioni e dimostrazioni astronomiche la media distanza del Sole dalla Terra è di 34 milioni di leghe che corrispondono a 20,000 semidiametri terrestri; dunque le teorie delle forze centrali applicate al sistema tolemaico danno dei risultati totalmente opposti alle osservazioni ed alle tavole astronomiche.

In generale può dirsi che il sistema copernicano è come una conseguenza necessaria delle leggi della Natura, dedotte dai fenomeni e dalle osservazioni, poichè solo in questa ipotesi tutto è semplice, tutto è naturale, e tutto è conforme alle leggi del moto ed alle teorie.

(1) Per vieppiù assicurarsi che le stelle fisse sono altrettanti Soli, riflettasi, che il suo lume raccolto nei tubi astronomici è più vivace, o vogliam dire, più intenso di quello dei pianeti raccolto negli stessi tubi. Ora essendo la distanza delle stelle fisse dalla Terra incalcolabi-

stenza non è affatto priva di verisimiglianza, siccome si può scorgere dalla graziosissima opera del signor de Fontenelle, intitolata: la *Pluralità de' Mondi*. Io non veggio cosa, che ci dia un'idea più viva e più sensibile dell'immensità dell'Altissimo, quanto l'esistenza di più mondi. Tutti i pianeti sì primari, che secondari, son corpi opachi a simiglianza della Terra, e ricevono al pari di quella il loro lume dal Sole: che anzi rivolgonsi anch'essi intorno al proprio asse oltre al moto nell'orbita; e si sa d'alcuni esser la loro figura uno sferoide schiacciato, siccome vedremo esser quella della Terra; e d'esser circondati da un'atmosfera; ond'è, che si suppone da parecchi astronomi, che sieno forniti anch'essi de' loro abitanti; non patendo neppur verisimile, che corpi di così immensa mole, collocati a sì prodigiose distanze, e che ci compariscono sì minuti, che alcuni fra essi sembrano poco più che punti luminosi, fossero stati destinati per noi. Oltrechè qual servizio mai ha potuto recare agli uomini il nuovo pianeta, di cui non si è avuta idea per tante migliaia di secoli (1)? Deponghiam

I 2

dun-

le, come si sa dalle osservazioni astronomiche, ne segue che se le stelle fisse ricevessero la luce dal nostro Sole, o da qualche altro corpo luminoso, dovrebbero tramandare una luce più languida di quella dei nostri pianeti, poichè quanto più è lontano quel corpo che tramanda la luce, tanto più languido e meno distinto apparisce, con una legge trovata col mezzo di varie sperienze dal sig. Bouguer, che corrisponde alla ragion inversa dei quadrati delle distanze, non avendo riguardo alla densità dell'aria. Dunque è evidente, che non ricevono il lume dal nostro Sole, nè da qualsivoglia altro corpo luminoso. Dunque risplendono di sua propria luce, e però sono altrettanti Soli. L'opinione che queste stelle fisse sieno i centri di altrettanti sistemi simili al nostro, non è priva di verosimiglianza, se si considera che alcune stelle fisse sono affatto sparite, ed alcune altre, che prima non si vedevano, sono di nuovo comparse, come si ha dalle osservazioni astronomiche fatte dall'Halley sopra *Sirio* ed *Arturo*, e dal Cassini sopra una stella fissa posta nell'angolo orientale di *Rigel*.

(1) E molto più qual servizio possono recare agli uomini tanti mi-

lio-

dunque per poco cotanto orgoglio, e non presumiamo d'esser noi l'unico oggetto delle immense cose create. I nominati astri diconsi pianeti dal greco vocabolo *πλανήτης*, che significa *errante*, attesochè cambiano essi rispettivamente le loro distanze durante il lor corso, a differenza delle Stelle, che si chiamano *fisse* , a motivo che ordinate in varj gruppi, che diciam *Costellazioni*, ossia *Asterismi*, serbano costantemente l'istesso ordine fra loro, e la medesima distanza. Sono elleno generalmente immobili, ad eccezione forse di un picciol numero, per rapporto al cui sito si sono ravvisati de' piccioli cangiamenti, originati per avventura dalla scambievole attrazione de' corpi celesti, onde vengonsi alquanto a turbare gli uni cogli altri. Dividonsi le stelle in sei classi, avendo riguardo all'apparente loro grandezza; dicendosi stelle della *prima grandezza* quelle che ci sembrano le massime fra tutte; indi della seconda, terza, quarta, quinta, e sesta grandezza, secondochè appariscono più picciole. Non è fuor di ragione il credere, che siffatta differenza venga originata dalla varia distanza in cui trovansi collocate rispetto a noi. Ve n'ha di quelle che diconsi *Nebulose*, per cagione che veggonsi sparse nel cielo alla guisa di macchie biancheggianti, ossia di stelle avvolte in una sorta di nebbia, e perciò fornite d'un debolissimo lume. Il sig. Herchel, cui rammenteremo fra poco, ne ha scoperto fino al presente più di duemila sconosciute per lo innanzi, mercè il suo nuovo telescopio di riflessione, lungo 40 piedi, e 4 in diametro, con cui si ravvisa esser elleno altrettanti gruppi di minutissime stelle. Della stessa natura ha egli scoperto similmente esser la *Via lattea*, detta da' Greci *Γαλαξίας*,
ovve-

lioni di stelle che non si scoprono se non coi più perfetti telescopi della Via lattea, e tanti altri milioni d'un numero forse infinitamente più grande che verosimilmente con telescopi migliori si vedrebbero per tutti i luoghi del cielo, dove con quelli ordinari si scopre un'altra specie di Via lattea?

ovvero quel gran sentiere biancheggiante e irregolare , che sporgesi nel Cielo pressochè dall'austro all'aquilone . Ha egli rinvenuto , non ha guari , che una fascia di costesta Via lattea , lunga soltanto 15 gradi , e larga 2 , in se contenea più di 50 mila stelle , visibili al segno di potersi annoverar distintamente , oltre ad un immenso numero di altre , che per la debolezza del loro splendore erano di tratto in tratto discernibili a stento mercè di un barlume . Col mezzo dell'indicato telescopio gli si son fatte palesi più centinzia di stelle *doppie*, *triptici*, e *multiplici* , le quali sembrano indicare esservi delle stelle al disopra delle loro simili . La distanza delle stelle dalla Terra non si può in verun modo determinar con certezza , non avendo esse alcuna parallasse , onde poterla rilevare : però è assai probabile , in virtù di alcuni calcoli prudenziali , che ne sieno lontane più di sei bilioni di leghe . E qualor fosse vero un tal calcolo ; e la Terra fosse immobile nel centro dell'Universo , seguendo i sistemi di Tolommeo e di Ticone , descriverebbero esse durante il lor giro diurno , più di 49 milioni di leghe in ogni minuto secondo . Nella stessa oscurità siamo eziandio per rapporto alla loro grandezza , cui certamente ignoriamo : alcune ragionate conghietture fanno ascendere il loro diametro a 33 milioni di leghe . Il loro numero è immenso , e fuori della portata dell'umana capacità : tuttavolta quelle che si son ridotte a costellazioni , per essere le più timarchevoli , fannosi ascendere a circa tremila .

151. Ve n'ha alcuni fra gli astri , che son generalmente dotati di fulgida chioma , e perciò diconsi *Comete* . La qualità e la situazione diversa di costesta luminosa capellatura , la quale or le precede , ed or le siegue , e talvolta le circonda intorno intorno a guisa di zazzera , le ha fatto distinguere in *barbute*, *codate*, e *crinite* . Vi sono state però alcune Comete , le quali scevre da ogni sorta di chioma , aveano l'apparenza di Giove , o di qualunque altro pianeta . Parecchi fra gli antichi , segui-

ti poscia da varj illustri moderni, le riputarono altre, tante meteore, generate nella nostra atmosfera; e quel ch'è più, il celebre Cassini fu di sentimento, che fossero formate dall'esalazione degli astri. Sono elleno però corpi opachi al par de' pianeti, illustrati dal Sole, e soggetti a fasi ugualmente: quella che apparve nel 1680, essendo passata nel mese di dicembre 166 volte più d'avvicino al Sole di quel che la è la nostra Terra, concepì un calore così smisurato, che riputossi da Newton 28 mila volte maggiore di quello cui sogliam provare nel cuor della state. Il fondamento del calcolo si fu quello, che l'intensità del calor del Sole è nella ragion reciproca de' quadrati delle distanze, ove trovansi que' corpi su di cui sono scagliati i suoi raggi. La loro apparente grandezza varia d'assai; scorgendosene alcune non maggiori d'una stella fissa, dovechè altre pareggiano in diametro il pianeta di Venere, e talvolta anche il Sole. La grandezza reale si è talvolta rinvenuto pareggiar quella di Saturno, ed anche di Giove. Sul primo loro apparire par che corrano in linea retta a cader entro il Sole; e dopo di essere rimaste per qualche tempo indiscernibili per cagione d'essere avvolte nel fulgore di quello, veggonsi comparir di bel nuovo fregiate di coda assai più ampia e sfolgorante, che dianzi. Indi discostandosi mano mano, e scemandosi corrispondentemente il loro splendore, scompaiono del tutto. Il loro giro per altro, quantunque si esegua intorno al Sole, non vien compreso entro alla fascia del zodiaco al par di que' de' pianeti; ma segnando sì l'eclittica, che le orbite di questi ad angoli diversi, scorrono pel cielo per variati sentieri, con diversi gradi di rapidità, e a differenti distanze; soggette però sempre alle stesse leggi, onde vien regolato il giro de' pianeti. Sono le loro orbite ellissi molto eccentriche, ossia allungate di molto (Veggasi la fig. 1 della Tav. V); onde avvien poi, che le comete dopo di essersi rendute visibili per qualche breve spazio di tempo, che a tenor delle osservazioni che

che abbiamo, riducesi tutt' al più a sei mesi, dileguansi alla vista a poco a poco, facendo talvolta scorrer de' secoli prima di comparir di bel nuovo. Di fatti a tenor de' calcoli del dottor Halley, la cometa comparsa nel 1682 era la stessa che comparve antecedentemente nel 1607 e nel 1531, ed egli osò di predirne l'apparizione di bel nuovo nel 1759, come di fatti addivenne: della cometa che apparve nel 1532 e poscia nel 1661, se n'è arreso di bel nuovo il ritorno, giusta i calcoli fatti negli anni scorsi 1789 e 1790; ma finora non si è ancora veduta (1). La natura delle loro code ci è del tutto ignota, essendosi spacciate parecchie idee insussistenti per rapporto alle medesime. Newton è di opinione, ch'esse altro non sieno che un leggerissimo vapore sollevato dal corpo delle comete, sia per virtù d'impulso de' raggi solari, sia per la rarefazione prodotta dal calore nelle loro atmosfere, e quindi illustrato dal Sole. Corrispondentemente a ciò abbiain di sopra osservato che siffatte code (le quali stendonsi talora in lunghezza per più di 90 gradi) rendonsi più ampie e più sfolgoranti qualor le comete son più prossime al Sole; ed ot soggiunghiamo esser elleno sempre opposte al medesimo. La comparsa delle comete è stata per più secoli oggetto di terrore, riguardandosi generalmente dal volgo come un presagio di guerra sterminatrice, di orrenda peste, o d'altri luttuosi disastri: a' dì nostri però secondo che Senc-

I 4 ca

(1) Neppure fino al presente abbiamo veduta questa cometa. Forse in questo incontro il dottor Halley ha preso equivoco, trascurando qualche elemento o appartenente all'orbita, o alle forze centrali, o alle forze perturbatrici. Il suo periodo dovrebbe essere di anni 129, e finora ne sono passati 132. Veramente esso non parla in alcuni luoghi delle sue opere del ritorno di questa cometa se non come d' un suo puro sospetto, fondato quasi unicamente su questo, che le comete degli anni 1661 e 1532 hanno quasi percorso la stessa orbita, presentando presso a poco gli stessi fenomeni, e non indica d' aver fatto particolarmente su questa tutte le osservazioni che ha diligentemente fatte su alcune altre con le applicazioni alle leggi del moto.

ca avea presagito, si riguardano come tanti pianeti; che si aggirano in orbite particolari (1). Newton fu d'avviso esser le comete destinate a due usi principalissimi; cioè a dire, ad esser di tratto in tratto assorbite dal Sole per servirgli di pabolo, e rinfrancarlo così della perdita enorme, a cui soggiace per la perenne emission della sua luce; ed a versare nella nostra atmosfera di tempo in tempo, qualor le passan molto d'avvicino una parte di quel vaporoso nembo, onde vengon formare le loro code affin di rimpiazzare quella inestimabile quantità di umore, cui la terra trasfonde alla giornata nella schiera immensa de' vegetabili, la cui sostanza passando in ultimo, in forza della putrefazione, a convertirsi in terra, aumenterebbesi questa fuor di modo nell'atto che la massa de' fluidi si anderebbe scemando di giorno in giorno. Converrebbe consultare la teoria della Terra escogitata da Whiston e da Buffon, per poter aver idea de' grandiosi cangiamenti cagionati ad essa, ed all'interno nostro sistema, in virtù di comete, cui han finto essere strisciate di presso non meno alla Terra che al Sole. Checchè ne sia di coteste bizzarre supposizioni, certo si è che le comete potrebbero esser disturbate nella varia loro carriera dall'attrazione de' pianeti già indicata (§. 150); e quindi passando in gran vicinanza alla Terra, o anche a' rimanenti pianeti, cagionar potrebbero qualche sorta di sconvolgimento nell'attuale sistema dell'Universo (2). Su di ciò merita di esser letta la Me-

mo-

(1) Chi vuol vedere le stravaganti idee che si formarono i popoli in diversi tempi delle comete, e le prove invincibili della loro reale esistenza e simiglianza agli altri pianeti, legga l'eccellente opera su questa materia del sig. Bayle, fatta in occasione della famosa cometa dell'anno 1680.

(2) Ad una specie di simile sconvolgimento, benchè qualche volta quasi insensibile, vanno continuamente soggetti i nostri pianeti, specialmente nei nodi, i quali trovandosi nelle loro maggiori vicinanze, in forza delle leggi dell'universale attrazione, ne soffrono scambievolmente dell'alterazione dei loro moti, nelle loro orbite, e nelle loro velocità.

memoria pubblicata dal signor de la Lande nel 1773. Il loro numero è assai grande: quelle però, di cui son calcolate le orbite, fanno sì ascendere a 74, e può vedersene il catalogo, parte nel libro XIX dell' *Astronomia* del citato signor de la Lande, e parte ne' supplementi annessi al IV volume della medesima Opera.

ARTICOLO III.

De' pianeti in particolare, della loro grandezza, e distanza dalla Terra, e de' loro moti periodici.

152. Il Sole, ond' è occupato il centro sensibile del nostro sistema, è un globo immenso di luce, il quale dotato dall'Onnipotente d'una prodigiosa ed immensa forza attrattiva, trae a se efficacemente tutt'i corpi celesti, e se li fa rivolger d'intorno in varie distanze ed in orbite ellittiche non molto diverse da cerchi, giusta le leggi dichiarate negli Articoli antecedenti. Il suo diametro uguaglia a un di presso 319 mila, 314 leghe comuni di Francia, ciascuna delle quali è poco più di due miglia e mezzo d'Italia. La sua grandezza, ossia il suo volume, supera di un milione e 400 mila volte quello della nostra Terra; e la sua distanza *media* dalla medesima si è calcolato ascendere a 34 milioni, 357 mila, 480 leghe. All'intorno del suo disco si ravvisano alcune macchie di color nero, delle quali ignoriam la natura; e dal cui moto si è giunto a scuoprire, ch'egli si aggira intorno al suo asse nello spazio di 25 giorni, 14 ore, ed 8 minuti. Il signor de la Lande, seguito da altri astronomi illustri, tien ferma opinione, che il Sole, oltre all'aggirarsi intorno al proprio asse, abbia eziandio un movimento di traslazione nello spazio celeste, traendo e trasportando seco nel tempo stesso tutt'i pianeti; ma che un tal fenomeno, da cui deriveranno coll'andar de' secoli conseguenze importantissime, non si potrà da noi ravvisare, se non quando l'intero sistema sarà tanto

to avanzato verso questa, o quella parte del cielo, che ei potremo accorgere della maggior vicinanza delle stelle fisse in quella tal parte. Concordemente a ciò pretende Herschel, che siffatto avanzamento, tuttochè lentissimo, sia effettivamente addivenuto, e prosiegua tuttavvia verso la costellazione di Ercole.

153. Il pianeta più prossimo al Sole è Mercurio, per esserne discosto 13 milioni, 299 mila, 739 leghe. Dal che si deduce che il calor del Sole debba esser quivi sette volte più gagliardo, che sulla nostra Terra, essendo l'attività della luce nella reciproca ragione de' quadrati delle distanze (§. 76), come dimostreremo a suo luogo; e che gli abitanti di Mercurio, se pur ve ne sono, debbano vedere il Sole sette volte più grande di quel che noi lo veggiamo. Il vivacissimo splendor del Sole in cui è avvolto, non ce lo rende molto visibile; nondimeno però possono ben distinguersi le sue fasi, qualora si trova nella parte inferiore della sua orbita. Ha egli 1166 leghe di diametro: il suo volume è la quindicesima parte di quello della Terra, e la sua distanza media dalla medesima pareggia quella del Sole, intorno al quale esegue egli il suo giro nello spazio di 87 giorni e 23 ore, scorrendo 39 mila, 584 leghe per ora.

154. A Mercurio sovrasta Venere, il più luminoso fra tutt'i pianeti dopo la Luna. E' egli lontano dalla Terra in tempo della sua distanza media quanto la Terra è dal Sole. Il suo diametro è di 2748 leghe, ed il suo volume è della nona parte più picciolo della Terra: esegue poi il suo giro intorno al Sole in 7 mesi, 14 giorni, e 17 ore; scorrendo 28 mila, 953 leghe per ogni ora. Il suo moto di ruotazione intorno all'asse si fa nell'intervallo di 23 ore giusta il sentimento di Cassini: ed è cosa notevole, che nè egli, nè Mercurio trovansi giammai in opposizione col Sole; hanno bensì due congiunzioni con quello; una *inferiore* qualora si veggono al di là del Sole, e l'altra *superiore* quando trovansi collocati fra il Sole e la Terra. Ciocchè dimostra chiaramente di essere

le

le loro orbite avvolte da quella della Terra, e quindi esser falso il sistema di Tolommeo (§. 146); siccome le fasi di Venere, le quali sono visibilissime anche col mezzo de' telescopj di mediocre ingrandimento, riputaronsi da Galilei (da cui furon osservate per la prima volta nell' A. 1610, allorchè seguì la pregevolissima scoperta del cannocchiale) come una prova evidente del sistema copernicano (§. 147). La cagione, che produce le dette fasi, non è punto diversa da quella che genera le fasi lunari, di cui or ora darem la spiegazione. Avvien tuttavolta, e propriamente dopo d'esser seguita la sua congiunzione inferiore, che il pianeta di Venere fassi vedere nel Cielo presso all'oriente innanzi del levar del Sole: prende egli allora la denominazione di *Lucifero*; laddove dicesi *Espero* qualora comparisce la sera verso l'occidente dopo il tramontar del Sole.

155. Siegue a Venere la Terra, la cui distanza dal Sole si è già dichiarata di sopra (§. 152). Ha ella 2865 leghe di diametro, e descrive il sentiere dell' ecclittica in 365 giorni, 5 ore, e 49 minuti, scorrendo 24 mila, 629 leghe per ora. Mercè il suo moto diurno intorno all'asse, di cui ragioneremo fra poco, gli abitanti dell'equatore scorrono 238 tese in ogni minuta secondo: il qual cammino differisce di poco da quello che suol fare la palla di un cannone da 24 nel primo secondo. Della sua figura parleremo più opportunamente in altro luogo.

156. La Terra è circondata dalla Luna, ch'è un pianeta secondario, come si è già detto (§. 147). Ha ella 782 leghe di diametro; il suo volume è quarantanove volte minore di quello della Terra, da cui è lontana 86 mila, 324 leghe. Fa ella il suo giro intorno alla Terra stessa in 27 giorni, 7 ore, e 43 minuti, rivolgendosi nel tempo medesimo insiem colla Terra all'intorno del Sole. Questo è ciò che dicesi *Mese periodico*: ma siccome dopo di aver ella terminato interamente un tal corso, non ritrova la Terra nel punto, ove l'avea lasciata
nel

nel cominciarlo, per esser quella avanzata nella sua carriera, fa mestieri, ch' ella v'impieghi altri 2 giorni, 5 ore, 1 minuto, e 3 secondi per raggiungerla, o per meglio dire per porsi di bel nuovo fra la Terra e il Sole. Or costesto sovrappiù, aggiunto al mese periodico accennato di sopra, forma lo spazio di 29 giorni, 12 ore, 44 minuti, e 3 secondi; che si denomina propriamente *Mese sinodico* della Luna, ossia l'intervallo di tempo, che si frappone fra la nuova Luna e l'altra consecutiva. Non v'ha cosa che rappresenti più al vivo i menovati due mesi lunari, quanto gl'indici di un oriuolo. Collocate l'indice delle ore sul numero XII del quadrante, e quello de' minuti sul numero 60; ed immaginatevi d'esser quello il Sole, e questo la Luna. Quando l'indice de' minuti, scorsa che sia un'ora, ritornerà di bel nuovo sul numero 60, l'indice delle ore sarà già avanzato al numero I, sicchè dovrà egli scorrere più di cinque altri minuti per poterlo raggiungere. Il cammino orario della Luna è di 828 leghe. E' cosa osservabile ch'ella esegue il suo moto intorno al proprio asse nell'istesso tempo precisamente, in cui si rivolge intorno alla Terra; dal che ne avviene che tien sempre rivolta a questa la medesima faccia (1). E' agevole il ravvisar nella Luna, anche col mezzo de' telescopj ordinarij, parecchie cavità e prominenze considerabili. Le sue montagne e i suoi mari trovansi segnati nella carta *selenografica*, che rap-

(1) Quindi nella Luna vi sono due emisferi totalmente diversi, anzi contrari rispetto ai fenomeni che apparir debbono a quel satellite relativamente alla Terra. Imperciocchè in un emisfero della Luna si vedrà continuamente la Terra, e nell'altro mai. S'ella contiene degli abitanti, com'è molto probabile, quelli che si troveranno nell'emisfero privilegiato rivolto alla Terra, vedranno un disco illuminato quindici volte maggiore di quello che apparisce per noi il disco della Luna. Vedranno ancora delle macchie (che così all'ingrosso forse distribuiranno in figure) le quali appariranno più o meno grandi, e più o meno chiare, secondo la diversa estensione dei mari, e la diversa natura dei continenti. Vedete l'Astronomia comparativa del sig. David Gregori.

rappresenta il suo disco, come quelli della Terra sulle carte geografiche, colle loro rispettive denominazioni di Appennini, monte Taurò, Copernico, Ticone, Aristarco, mare della Tranquillità, ec. V'è fra gli altri il monte Porfirite, riputato un vulcano estinto dal celebre astronomo Hevelio, da cui furon misurate le altezze de' monti lunari, come fu poscia eseguito anche da Galilei. Or queste notizie risguardanti l'esistenza de' vulcani nella Luna han potuto fin al dì d'oggi sembrar romanzesche a taluni: ora però, che il sig. Guglielmo Herschel ha inventato un nuovo telescopio, il cui ingrandimento supera di gran lunga quello di tutti gli altri finora conosciuti, poichè aumenta il diametro degli oggetti presso a settemila volte, par che la cosa abbia acquistata un'aria di soda verità. Di fatti oltre a parecchie altre interessanti scoperte da lui fatte nel cielo, ha ravvisato egli, non ha guari, tre vulcani nella Luna, due de' quali scorgesi d'essersi estinti, e il terzo getta attualmente delle fiamme ed una gran lava insuocata. La sua grandezza supera di molto quella del nostro vesuvio: il diametro del *Cratere* da essolui misurato, fassi ascendere a tre miglia, e la lunghezza della lava è di sessanta. Merita d'esser consultata la sua Memoria inserita nelle Transazioni Anglicane per l'A. 1788. L'anzidetto insigne scuopritore di nuovi mondi è originario di Hannover, ma stabilito da parecchi anni nell'Inghilterra, ove tratto da violenta passione per l'astronomia e per l'ottica, per forza di genio, e senza verun maestro si è aperto un nuovo e luminoso sentiere alla gloria costruendo nuovi telescopj, e consecrandosi interamente alle osservazioni astronomiche. Oltre a quello di 20 piedi ne ha egli costruito un altro recentemente, ch'è cagion di stupore, essendo esso della lunghezza di 40 piedi e di presso a 4 piedi di diametro. Ha egli già incominciato a far con esso delle grandi scoperte, e non v'ha dubbio che ci procurerà in appresso delle cognizioni più estese e più precise intorno a' corpi celesti.

Tav. III.
fig. 5.

157. Per poter ben intendere la cagion delle *Fasi*, oppure delle varie apparenze, a cui è soggetta la Luna, si vuol rivolgere lo sguardo alla figura 5 della Tavola III, in cui A rappresenta il Sole; B la Terra, C, D, E, F, G, H, ec. la Luna ne' varj punti della propria orbita. Essendo ella opaca e rotonda, tendesi manifesto, che ritrovandosi nel punto C, ossia nel mezzo fra il Sole e la Terra (ciocchè dicesi essere in *congiunzione* col Sole), non potrà essere illuminato, se non che il suo emisfero superiore *a*; e perciò essendo allora rivolto alla Terra l'emisfero tenebroso *b*, dovrà necessariamente seguirne il *novilunio*. Passando poscia in D, ossia nell'*ottante*, per esser discosto di 45 gradi dal punto della congiunzione C; incomincerà a scuoprirsi dagli abitatori della Terra una picciola porzione *c d* del suo emisfero illuminato; e quindi apparirà ella falcata, ossia cornuta, colla sua parte convessa rivolta a ponente. Siffatta parte illuminata *c d* sarà maggiore in E, ossia nella *quadratura*, in distanza di 90 gradi dal mentovato punto di congiunzione, allorchè diciamo farsi il *primo quarto*; e molto maggiore in F, ovvefo nell'altro *ottante*, finattantochè giunta in G, ossia in *opposizione col Sole*, per cagione dell'interposizione della Terra, renderassi visibile a questa tutto l'emisfero illuminato *c d*; e quindi avverrà il *Plenilunio*, apparendo ella perfettamente rotonda e dotata di luce assai risplendente. Dimostra ella di essere allora in opposizione col Sole mercè il suo apparire sull'orizzonte dal canto orientale nell'atto stesso che il Sole tramonta, inguisachè ascende poi sul meridiano nel punto preciso di mezza notte. Nello scorter poscia il rimanente dell'orbita, accostandosi al Sole, vedrassi levare sempre più tardi, e la sua parte illuminata si andrà nascondendo di mano in mano agli abitatori terrestri a misura che passerà ne' punti H, I, K, apparendo cornuta di bel nuovo colla sua convessità rivolta a levante; onde trasse l'origine il volgar proverbio: *gobba a ponente, Luna crescente; gobba a levante, Luna mancante*;

se; poichè la Luna dicesi *crescere* durante il tempo che impiega per passare da C in E, in G, ossia dal novilunio al plenilunio; laddove dicesi *minuire* durante il suo corso da G in I, in C, ovvero dal plenilunio all'altro novilunio. Questi due punti sogliono comunemente denominarsi *Sigizie*. Se l'orbita lunare non interseghesse quella della Terra, che val quanto dire l'eclittica, dovrebbe ella ininvariabilmente *ecclissare* in ogni plenilunio; imperciocchè essendo ella in quel tempo in opposizione col Sole, il corpo opaco della Terra, che si trova frammezzo, intercetterebbe il lume di quello; e gettando la sua ombra sopra la Luna, andrebbe ad oscurarla; ch'è quel ch'è dicesi *ecclisse*. Così d'altra parte verrebbe ad ecclissare il Sole in ogni novilunio; a motivo che la Luna ritrovandosi allora in mezzo fra la Terra e il Sole, intercetterebbe i raggi solari, e cuoprirebbe colla sua ombra la faccia della Terra, ch'è quella che in realtà si ecclissa qualor diciamo ecclissarsi il Sole, ch'è il fonte della luce. Tuttociò apparisce chiaro nella figura 6 della Tavola III, ove C rappresenta la Luna in congiunzione col Sole, ed X la sua ombra estesa fin sopra la Terra; indi G la Luna in opposizione col Sole, e Z l'ombra della Terra, che ricuopre e fa oscurare la Luna. Or tali ecclissi non accadono, se non quando i detti pianeti incontransi appunto, ovvero a un di presso, nella direzione de' *Nodi*, o vogliam dire de' punti S, T, ove l'orbita della Terra, ossia l'eclittica MNO, tagliasi a vicenda coll'orbita lunare PQR. In distanza notabile da cotali punti, come sarebbe in A, o anche in B, non può la Terra impedire che la luce solare venga tramandata al globo della Luna, nè questa vietare che la luce medesima venga scagliata sulla Terra, essendo le loro orbite in due piani diversi (1).

158.

Tav. III.
Fig. 6.

(1) Vi sarà sempre ecclisse del Sole, quando la *latitudine* della Luna in congiunzione, cioè, la sua distanza dall'eclittica sarà minore del

158. Marte è superiore alla Terra, da cui è lontano 52 milioni, 350 mila, 240 leghe; ond'è che i suoi abitatori vedrebbero il Sole quasi per metà più picciolo di quel che a noi apparisce; e il suo calore prodotto dal Sole sarebbe parimente quasi la metà del nostro. Ha egli 1695 leghe di diametro: il suo volume è la settima parte di quello della Terra; e scorrendo l'annua sua orbita in 1 anno, 321 giorni, e 23 ore, fa un cammino di 19 mila, 944 leghe per ora. E' manifesto il suo moto intorno al proprio asse, il quale osservato da Cassini e da Maraldi, mercè le macchie esistenti sul corpo del pianeta, si è rinvenuto eseguirsi nello spazio di 24 ore, e 39 minuti.

159. A Marte sovrasta Giove, ch'è il massimo fra tutt'i pianeti, siccome era fra i Gentili il massimo fra' Dei. E' egli discosto dalla Terra 178 milioni, 692 mila, 550 leghe; e quindi la grandezza e il calor del Sole debbono esser quivi 28 volte minori di quel che si manifestano a noi. Il suo diametro è di 31 mila, 118 leghe; e perciò il suo volume supera di 1300 volte quello della Terra. Il suo moto periodico è di 11 anni, 317 giorni, descrivendo in ogni ora lo spazio di 10 mila, 793 leghe. La ruotazione intorno al proprio asse si fa in 9 ore e 56 minuti; giusta le osservazioni di Cassini e Maraldi. E' indubitato, che vi sia un poco di schiacciamento nel globo di Giove, essendosi rilevato che il diametro, il quale passa pe' suoi poli, è a quel-

del semidiametro apparente del Sole, e del semidiametro apparente della Luna presi insieme. E siccome la somma di questi semidiametri è al più di 34', e almeno di 30'; così non vi sarà mai eclisse del Sole quando la latitudine della Luna sarà maggiore di 34', e vi sarà sempre eclisse quando la Luna avrà una latitudine minore di 30'.

Si darà sempre eclisse della Luna, quando la Luna trovandosi in opposizione col Sole, avrà una latitudine minore del semidiametro apparente della Luna, e del semidiametro apparente dell'ombra della Terra, nel sito dove la Luna passa pel cono ombroso.

quello del suo equatore come 13 a 14. E' cinto il suo disco da parecchie fasce alquanto oscure, la cui natura non si è ancora esattamente investigata, e che furono scoperte per la prima volta qui in Napoli da due padri gesuiti. E' egli fornito inoltre di quattro Lune, o vogliam dire *Satelliti*, scoperti dal nostro Galilei, i quali in varj tempi e in diverse distanze gli si aggirano intorno. Non convengono gli astronomi in rapporto alla loro grandezza: secondo i calcoli di Cassini e Maraldi, i loro diametri uguaglierebbero a un di presso la metà di quello della Terra. Gli eclissi frequenti, a cui soggiacciono siffatti satelliti durante la loro breve rivoluzione intorno a Giove, sono di un uso grandissimo agli astronomi per determinare la differenza di longitudine tra i varj paesi della Terra, e quindi la loro distanza; onde poi si son ridotte le carte geografiche a quel grado di perfezione, cui certamente non avrebbero conseguito mercè di qualunque altro mezzo finora conosciuto. Piaciavi d'immaginare, ch'essendo io in Napoli abbia osservato che un dato eclisse d'uno de' mentovati satelliti sia accaduto alle ore 5 della mattina, dovechè un astronomo dimorante in Londra abbia osservato, o rilevato dalle Tavole, esser quello avvenuto alle ore 5, e 59 minuti: siffatto divario di 59 minuti fra le due osservazioni darà un sicuro argomento, che la differenza di longitudine tra Napoli e Londra è di 14 gradi, e 45 minuti, assegnandosi 15 gradi per ogni ora di tempo. Ragionate in simil guisa d'altri casi di simigliante natura.

160. Siegue a Giove il pianeta di Saturno, la cui distanza dalla Terra è di 327 milioni, 748 mila, 720 leghe; cosicchè la grandezza e il calor del Sole debbono esser quivi 90 volte minori, che nella nostra Terra. Ma non dovrà egli per questo riputarsi privo di abitanti: ciò sarebbe egualmente irragionevole, che se un abitatore della zona torrida s'immaginasse disabitata la Lapponia per cagion del gran freddo che vi regna. La

TOM. I.

K

Na-

Natura è fecondissima di mezzi per dare agli animali la struttura e la costituzione conveniente al clima, ove li destina a fargli passare i loro giorni. Chi fa vivere i pesci nell'onde, e dà il potere a' volatili di fender rapidamente l'aria a volo; chi fa vivere l'argente Lappone ugualmente bene, che l'abbronzito Africano, sa ben ritrovar la maniera di render comoda la vita a' freddi abitanti di Saturno. E chi sa mai se non possono a ciò contribuire le sue sette Lune, destinateglisi providamente a tal uopo? Il diametro di Saturno è di 28 mila, 601 leghe; e la sua grandezza supera di mille volte quella della Terra. Dalle recentissime osservazioni di Herschel venghiamo assicurati 1°. esser egli depresso ne' suoi poli, ed elevato nell'equatore, talmentechè il diametro equatoriale è al polare come 11 a 10. 2°. esser egli verisimilmente fregiato d'un'atmosfera, ed aggirarsi intorno al proprio asse al par di Giove. La sua rivoluzione periodica si fa in 29 anni, 177 giorni, scorrendo 8 mila, e 13 leghe nello spazio di ogni ora. E' fornito anch'esso di Lune al numero di sette, tre delle quali furono scoperte da Cassini, due da Hugenio, e le due rimanenti da Herschel nell'A. 1788. Essendo eglieno più prossimi degli altri al loró pianeta, di ragione denominar si dovrebbero *primo* e *secondo*; diconsi però *sesto* e *settimo*, per essersi ravvisati gli ultimi. Saturno è cinto inoltre da un anello d'un' immensa grandezza, alquanto spianato e concentrico al suo corpo, il quale benchè notabilmente discosto dal suo disco, si mantiene ivi equilibrato per forza di gravità. Il diametro di siffatto anello è a quello di Saturno come 7 a 3; e la sua larghezza uguaglia presso a poco $\frac{1}{2}$ del diametro del mentovato pianeta. E' egli arto a ricevere la luce del Sole, e quindi a farla rimbalzare sul corpo di Saturno. Qualor la sua faccia tenebrosa rivolgesi alla Terra, rendesi egli del tutto invisibile, iccome avvenne a' 2 di maggio del 1789. Fu egli ravvisato per la prima volta dal gran Galilei; Hugenio poscia

scia coll'andar degli anni ne determinò precisamente la forma. Tutte le osservazioni praticate recentemente da Herschel concorrono a dimostrare aver egli un moto di rotazione intorno a se stesso, e compierlo nello spazio di 10 ore, 32 minuti, e circa 15 secondi.

161. Il più elevato fra tutti è il nuovo *Pianeta*, scoperto per la prima volta nel 1781 dal rammentato Herschel (§. 136). Ravvisò egli cotai pianeta nella fascia del zodiaco mercè del primo suo telescopio di riflessione di 7 piedi di foco; e lo denominò *Georgianum Sydus* in onor di Giorgio III actual sovrano della Gran Bretagna, e munificentissimo suo mecenate: da alcuni però dicesi *Herschel*, e più comunemente *Urano*. La sua distanza è doppia di quella di Saturno, disortachè quantunque superi egli quattro volte in diametro, ed 88 volte in grandezza la Terra, pure a stento può ravvisarsi ad occhio nudo, e non comparisce maggiore di una stella di sesta grandezza, qualor sia riguardato co' telescopj comuni. E' già noto scorrer egli la sua orbita nello spazio di 83 anni, 150 giorni, e 18 ore, talchè il suo cammino orario è di 5700 leghe. L'insigne suo scuopritore, ch'è senza veruna contesa il primo astronomo del secolo, ha già ravvisato col suo telescopio due satelliti, o vogliam dire due Lune che gli si aggirano intorno; e poichè sono elleno assai discoste dal corpo del pianeta, v'è ragion da sperare che ve ne sieno delle altre in maggior vicinanza.

162. Affin di poter paragonare insieme a un colpo d'occhio le rapportate misure de' diametri, delle grandezze, e delle distanze de' pianeti, unitamente a' loro tempi periodici, si sono esse ordinatamente registrate nella Tavola che siegue.

T A V O L A

Ove sono registrati i diametri, le grandezze, le distanze,
e i tempi periodici de' pianeti.

Pianeti	Loro diametri in leghe.	Loro grandezze rispetto alla Terra.
Sole	319314	1 milione, e 400 mila volte più grande.
Terra	2865	
Luna	782	$\frac{1}{4}$
Mercurio	1166	$\frac{1}{14}$
Venere	2748	Più picciola di $\frac{1}{2}$
Marte	1695	$\frac{1}{2}$
Giove	31118	 1300 volte maggiore.
Saturno	28601	 1000 volte maggiore.
Anello	66737	
Urano	12760	 88 volte maggiore.

Tempi periodici.	Distanze medie dalla Terra in leghe.
Sole	34357480
Terra 365 gior. 5. or. 49	
Luna 27 gior. 7 or. 43	86324
Mercurio 87 gior. 23 ore	34357480
Venere 224 gior. 17 ore	34357480
Marte 1 anno, 321 gior. 23 ore	52350240
Giove 11 anni, 317 giorni	178692550
Saturno 29 anni, 177 giorni	327748720
Urano 83 anni e mezzo	655602600

163. Vuolsi qui soggiugnere, che se i pianeti anzi-
detti, ritrovandosi nelle loro distanze medie dal Sole
durante la loro periodica rivoluzione, venissero renduti
interamente scevri dalla forza centrifuga, precipitereb-
bonsi tutti verso il Sole medesimo; e sarebbe tale la lo-
ro rispettiva discesa, che Mercurio vi giugnerebbe in
15 giorni e 13 ore; Venere in 39 giorni e 17 ore;
la Terra in 64 giorni e 10 ore; Marte in 121 giorni;
Giove in 766 giorni; Saturno in 1902 giorni, e la Lu-
na in 4 giorni e 20 ore (1). E quando si supponesse
un foro nella Terra, che giugnesse dalla superficie fino
al suo centro; un grave impiegherebbe nel discendervi
21 minuti e 9 secondi (2).

164. Le rispettive grandezze e distanze de' pianeti
testè dichiarate si sono accuratamente dedotte dalla *Pa-*
ratallasse, ossia mercè dell'angolo C B A, formato da due
rette A B, C B, tirate al pianeta, una dal centro A del-
la Terra, e l'altra da un punto C della sua superficie.
Questa patallasse esprime l'angolo della differenza
che passa tra il vero luogo *a* del pianeta B, ov'egli si

Fig. III.
Fig. 2.

K 3.

ve-

(1) Il metodo per far questa sorta di calcoli si ricava dalla seguen-
te proporzione: *La radice quadrata del cubo di 2 sia ad 1, come*
la durata della semirivoluzione d'un Pianeta, al tempo della sua
caduta al centro d'attrazione (della qual proporzione non diamo di-
mostrazione attesa l'indispensabile necessità d'introdurvi alcune forme
le delle più complicate e difficili del calcolo sublime, il che non sa-
rebbe a portata dei principianti).

Vogliasi, per esempio, sapere il tempo che impiegherebbe Mercurio
a cadere nel Sole, renduto interamente scevro della sua forza centrifuga.
Sia questo tempo = x . Essendo il tempo della sua rivoluzione di gior-
ni 87 ed ore 13, cioè, di ore 2113, la cui metà è 1055, si avrà
questa analogia $\sqrt{8}:1::1055:x$, oppure elevando al quadrato
il terzo termine, ed estraendone la radice, $\sqrt{8}:1::\sqrt{1,113,025}$

$$025:x=\sqrt{\frac{1,113,025}{8}}=373 \text{ ore, le quali divise per } 24$$

danno 15 giorni e 13 ore, precisamente come dice l'autore.

(2) Il calcolo è affatto simile a quello della nota precedente.

vedrebbe da uno spettatore collocato nel centro A della Terra, ed il luogo *apparente* b, ov'egli si scorge da uno spettatore situato in qualsivoglia punto C della superficie di quella (1). Egli è dimostrato che siffatto angolo CBA, il quale dicesi *parallattico*, è nella ragione inver-

sa

Tav. 25.
Fig. 10. (1) Per formarsene un'idea ancora più distinta, sia CP la Terra immobile nel centro del firmamento: P e C due osservatori che nello stesso tempo dirigono un raggio visuale al medesimo astro, per esempio, alla Luna: GPO l'orizzonte razionale dell'osservatore C: QBF l'orbita lunare. La Luna posta in B, sarà veduta in due diversi luoghi del cielo dagli osservatori P e C. Osservata dal centro P della Terra, corrisponderà al punto m, ed osservata dal punto C, sarà rapportata in cielo al punto n. L'angolo mBn, oppure il suo eguale CBP è l'angolo della parallasse della Luna. La misura di quest'angolo potrà essere l'arco $mn = An - Am$ senza error sensibile. In fatti essendo ACB un angolo esterno del triangolo CBP, abbiamo $ACB = CPB + CBP$, e trasportando CPB, sarà $ACB - CPB = CBP$; ma per la misura dell'angolo ACn si può prendere l'arco An senza errore sensibile, poichè C e P si possono considerare come un punto solo P; essendo il raggio terrestre CB infinitamente piccolo relativamente all'immensa distanza CA; dunque, sostituendo gli archi in luogo degli angoli pei quali servono di misura, si ha $An - Am = CBP = mn$, cioè, la misura dell'angolo CBP uguale all'arco mn.

Cor. I. L'angolo dunque APm, ossia l'arco Am sarà la vera distanza dell'astro B dal zenit A, e l'angolo ACB la distanza apparente.

Cor. II. Quanto più crescono le rette CB, PB, tanto più il punto B si avvicina al punto n, e perciò m verso n, cioè, a misura che crescono le linee CB, BP, si diminuisce l'arco mn, ossia l'angolo mBn = CBP; quindi la parallasse è in ragion inversa della distanza del pianeta dalla Terra, cioè, di PB. Se dunque la distanza dell'astro fosse così immensa, che la linea CP diventasse inassegnabile rispetto alla PB, ovvero alla CB, la parallasse sarebbe pure inassegnabile, cioè, nulla, come avviene nelle stelle fisse, delle quali perciò non può determinarsi la distanza.

Cor. III. Non vi sarebbe parallasse se l'astro B si trovasse nel punto A ch'è il zenit, poichè allora le rette CB, BP cadrebbero ambedue nella stessa linea PA; dunque nel zenit la parallasse è nulla. Quanto più dunque la stella si allontana dal zenit, tanto maggiore

sa della distanza del pianeta dalla Terra: come in fatti l'angolo CBA, che riguarda il pianeta B, è minore di CDA, appartenente al pianeta D ch'è più prossimo alla Terra. Or la parallasse orizzontale che riguarda l'astro osservato nell'orizzonte, è sempre come il diametro apparente; cosicchè rintracciato che sia questo una volta insieme colla parallasse corrispondente, si può in ogni altro tempo rilevar siffatta parallasse dalla sola osservazione del diametro apparente. Si conosce l'angolo della parallasse per via di osservazioni praticate contemporaneamente sullo stesso pianeta da due osservatori esistenti in due luoghi della Terra, distantissimi l'uno dall'altro, come sarebbero peresempio, Berlino e il Capo di Buona Speranza; oppure con altri metodi, qual sarebbe il passaggio di Venere sul disco solare, gli ec-

K 4

clis-

sarà la parallasse, la quale sarà massima allorchè l'astro si troverà in un punto dell'orizzonte.

Scolio. La parallasse si diminuisce dall'orizzonte al zenit in ragion diretta dei seni degli angoli dei complementi delle altezze, cioè, la parallasse orizzontale sta alla parallasse osservata in una data altezza, come il seno tutto al seno del complemento di questa altezza. Infatti, supposto un astro prima nell'orizzonte in R, e poi ad una certa altezza dallo stesso in B, ma sempre nella stessa distanza dal centro della Terra, abbiamo due triangoli CBP, CPR, i quali hanno due lati l'uno all'altro eguali, cioè, CP comune a tutti e due, e $PB = PR$. Nel triangolo CRP, essendo per la trigonometria i seni degli angoli come i loro lati opposti, sta il seno dell'angolo retto PCR al seno dell'angolo CRP, misura della parallasse orizzontale, come il lato PR distanza dell'astro dalla Terra al lato CP raggio terrestre. Parimente nel triangolo CBP sta il seno dell'angolo ottuso PCB al seno dell'angolo CBP misura della parallasse dell'arco sopra l'orizzonte, come il lato $PB = PR$ al lato CP. Dunque abbiamo le due seguenti proporzioni.

Seno PCR: seno PRC: : PR: CP

Seno PCB: seno CBP: : $PB = PR$: CP, e perciò

Seno PCR: seno PCB: : seno PRC: seno CBP; ma il seno PCR è il seno totale, ed il seno PCB è uguale al seno di ACB ch'è il complemento dell'altezza dell'astro in B; dunque sta il seno tutto

clissi della Luna ec., che trovansi ampiamente dichiarati ne' particolari Trattati di Astronomia (1).

165. Conosciuta la parallasse orizzontale del pianeta, si fa nota la sua distanza; imperciocchè nel triangolo parallattico CBA essendo noto l'angolo C per esser retto, e l'angolo B ch'è la parallasse osservata, come altresì il lato AC ch'è il semidiametro terrestre, rendesi immediatamente manifesto il lato AB, ossia la distanza richiesta del pianeta, mercè gli

tutto, cioè, il complemento dell'altezza dell'astro sull'orizzonte ch'è nulla, al seno del complemento dell'altezza dello stesso astro, come la parallasse orizzontale alla parallasse sopra l'orizzonte.

TAV. 25.
FIG. 10.

(1) Per trovare la parallasse d'un astro, per esempio, della Luna, o del Sole, supponiamo per più facilità che l'osservatore sia in C nel piano dell'equatore, e che l'astro faccia la sua rivoluzione diurna vera, o apparente nell'orbita FBQ posta nel piano dell'equatore, di cui una porzione sia FOAQ: osserveremo la parallasse di questo astro in B.

Convien sapere con la massima precisione, quante ore, quanti minuti, quanti secondi, e quanti terzi impiega quest'astro a compiere la sua diurna rivoluzione, cioè, quanto tempo impiega a passare col suo centro pel meridiano e ritornarvi. Sia questo tempo precisamente di ore 24.

Essendo il moto diurno di un astro sensibilmente uniforme, impiegherà sei ore a passare dal meridiano superiore all'orizzonte, sei altre dall'orizzonte al meridiano inferiore dalla parte del nadir, altre sei da questo all'orizzonte, ed altre sei finalmente per ritornare al meridiano superiore. Facendo la sua rivoluzione in 24 ore, percorrerà in questo tempo un circolo intero di gradi 360, onde potrà sapersi in un dato momento di tempo in qual punto deve trovarsi l'astro che vuolsi osservare.

Supponiamo d'aver trovato col calcolo che, nel momento in cui l'astro si osserva in B, il suo punto rapportato dall'osservator P in cielo sia m distante 50 gradi dal zenit A, e che questo centro osservato in C apparisca nel punto n 10 secondi più lontano dal zenit A. L'angolo mBn, ossia il suo eguale CBP, sarà la parallasse dell'astro in B di 10 secondi, che serve poi per trovare la parallasse orizzontale maggiore per mezzo dello scolio della nota precedente.

Con questo, o con un simile metodo hanno trovato gli astronomi la

gli ordinari calcoli trigonometrici (1). Nella Tavola della pag. 148 abbiám seguito i calcoli recentissimi, rapportati dal signor de la Lande nel IV Volume della sua Astronomia.

ARTICOLO IV.

Breve saggio della Sfera, ossia de' varj Cerchi, in cui si suppone divisa la Terra.

166. Innanzi c'innoltrarci nella dichiarazione de' principali fenomeni celesti, uopo è premettere che gli astronomi attin di agevolare l'intelligenza delle dottrine sì astronomiche, che geografiche, si sono avvisati di assegnar sulla Terra alcuni punti, e varj cerchi, da potersi rapportare anche al cielo. Le due estremità dell'asse terrestre, ovvero i due punti, intorno a' quali si suppone aggirarsi la Terra, possono riguardarsi come punti prin-

parallasse del Sole, della Luna, dei pianeti, e delle comete nella loro maggior vicinanza al Sole e alla Terra. Secondo i calcoli che abbiamo delle effemeridi (*Connoissance des temps*) dell'anno 1770, la parallasse orizzontale della Luna nella distanza media era di $57', 3''$, e la parallasse orizzontale del Sole, secondo il De La Caille, tra li 10 ed 11 secondi.

Scolio. Per trovare la parallasse d'un astro non è necessario, che l'astro e l'osservatore si trovino nel piano dell'equatore, come abbiamo supposto per render più facile la soluzione. La parallasse d'un astro si trova in qualunque luogo ed in qualunque latitudine, ma però con metodi più complicati e difficili, che noi abbiamo creduto di omettere, essendoci contentati di darne una qualche leggera idea.

(1) Per dare almeno un esempio d'un uso così utile della parallasse nell'Astronomia, daremo la soluzione del problema seguente: *Dato il raggio terrestre, e la parallasse orizzontale della Luna, trovare la sua distanza dal centro della Terra.*

Sia R il centro della Luna sull'orizzonte, e sia l'angolo dRh Tav. 29. $\pm CRP = dh = 57' 3''$. Sia pure dato il raggio terrestre CP di per- Fig. 10.
tiche 3, 269, 985 in circa. Nel triangolo parallattico CRP è noto l'angolo retto PCR: è noto pure l'angolo CRP della data paral-

principalissimi, e si dà loro la denominazione di *Poli*, cui rammenteremo in appresso co' rimanenti punti. Fra' cerchi poi altri diconsi *maggiori*, perchè il lor piano passando pel centro terrestre, andrebbe a segare il globo in due uguali emisferi; ed altri *minori*, per ragion che il lor piano non va a passare pel centro suddetto. Sono essi in tutto al numero di dieci; annoverandosene sei fra' primi, e quattro fra i secondi. I cerchi maggiori sono *l'Orizzonte*, *l'Equatore*, *il Meridiano*, *il Zodíaco*, e *i due Coluri*; i minori riduconsi ai due *Tropici* ed a' *Cerchi polari*.

Tav. IV.
Fig. 4.

167. L'orizzonte, ossia *cercchio terminatore* *AB*, si suppone cingete il globo terraqueo in modo tale, che divida l'emisfero supetiore, o sia il visibile a noi, dall'inferiore, ovver da quello che noi non vediamo; ed ha per sua proprietà l'esser sempre distante per 90 gradi dal punto che sovrasta verticalmente al capo dello spettatore, che si suppone sempre collocato nel centro di esso; dimodochè cambiassi egli a misura, che si va cangiando il nostro luogo sulla Terra. Il detto punto verticale dicesi *Zenit*, laddove l'altro che gli è diametralmente opposto, e riguarda per conseguenza i piedi dello spett-

rallasse: finalmente è noto il lato *CP* ch'è il raggio della Terra; dunque si troverà il lato *PR* ch'è la distanza della Luna dalla Terra con questa analogia:

Senò dell'angolo *CRP*: *CP* :: senò tutto: *PR* = *x*, la quale, prendendo dalle tavole il senò di 57°, 3", sommando insieme l'uno e l'altro che si trovano separatamente, dà 16594,445: 3,169,985 :: 1,000,000,000: *x*. Diviso il prodotto dei medj pel primo termine, si ha per quoziente 197,053,050 ch'esprime in pertiche il lato *PR*, cioè, la medesima distanza della Luna dal centro della Terra.

¹ Scolio. La retta *Ch* rappresenta l'orizzonte sensibile, e la *PO* il razionale; ma essendo la distanza *CP* infinitamente piccola relativamente alle immense distanze *Ch*, *PO* vanno sensibilmente a cadere l'uno nell'altro, e si possono promiscuamente prendere senza errore di sorta nella pratica, e perciò risulta sempre lo stesso, sia che si prenda la parallasse in *R*, sia in *F*.

spettatore, si denomina *Nadir*; i quali, a parlar giustamente, altro non sono se non se ambi i poli dell'orizzonte, ossia l'estremità del suo asse. Uopo è distinguere siffatto orizzonte *vero* dall'orizzonte *apparente*, ossia *sensibile*, ch'è quel cerchio immaginario, che limita tutt'all'intorno la nostra vista qualor ci troviamo in luoghi aperti. E' egli sempre parallelo all'orizzonte vero, ma vedesi crescere, o scemare, secondochè l'occhio nostro, od anche gli oggetti che riguardiamo, trovansi più, o meno elevati dalla superficie terrestre.

168. L'equatore *CD* si suppone cinger la Terra in tal direzione, ch'essendo ugualmente distante da' poli di quella *X, Z*, viene quindi a ripartirla in due uguali emisferi, uno de' quali guarda il settentrione, e l'altro il mezzogiorno; dicendosi perciò *Emisfero settentrionale*, e *meridionale*. L'asse dell'equatore, *XZ*, è precisamente lo stesso che l'asse terrestre; e conseguentemente i suoi poli nulla differiscono da' poli della Terra. Ricevono questi la denominazione di *Polo Artico* ed *Antartico*, e non sono ugualmente visibili da tutt'i luoghi della Terra. Gli abitatori de' poli stessi, il cui orizzonte è parallelo all'equatore, e che diconsi perciò aver la *Sfera parallela*, non ne veggono che un solo, essendo essi diametralmente situati nel loro zenit e nadir. Gli abitanti dell'equatore, che vien segato ad angoli retti dal loro orizzonte, e che per tal motivo diconsi avere la *Sfera retta*, li veggono entrambi nell'orizzonte medesimo. Tutti gli abitanti de' rimanenti luoghi della Terra, che hanno la *Sfera obliqua*, perchè il loro orizzonte sega l'equatore obliquamente, veggono soltanto quel che trovasi elevato sul loro orizzonte. Così appunto succede a noi, a cui non è visibile che il polo artico, ossia settentrionale. Quindi disse Virgilio parlando de' due poli.

Hic vertex nobis semper sublimis, at illum

Sub pedibus Styx atra videt, manesque profundi.

169. Il zodiaco *EF* è un'ampia fascia, che sega l'equa-

l'equatore in due punti ad angoli obliqui; e discostandosi da quello pel tratto di circa 23 gradi e mezzo, s'è verso l'emisfero settentrionale, che verso il meridionale, divide per conseguenza obliquamente il globo. Ha egli un sentiere nel suo mezzo, denominato *ecclittica*, su cui son segnati i dodici segni detti del zodiaco; cioè a dire

Ariete, Toro, Gemelli, Cancro, Leone, Vergine,

Libra, Scorpione, Sagittario, Capricorno, Aquario, Pesci; ciascuno de' quali è diviso in 30 gradi; e serve ad indicare l'apparente annua carriera del Sole, oppure il vero corso della Terra, siccome spiegheremo fra poco. La fascia del zodiaco in se contiene tutte le orbite de' pianeti. Quelle delle comete soltanto se ne discostano notabilmente a cagione dell'incostanza della loro direzione (§. 151).

Fig. 4. 170. Il meridiano XCZD passa pe' due poli, segando ad angoli retti l'equatore e tutt' i suoi paralleli, di cui farem menzione or ora; sicchè divide il globo in due emisferi, *orientale* ed *occidentale*. Il numero de' meridiani uguaglia quello de' punti assegnabili sull' equatore, non essendoci alcun punto della Terra, nell' andar direttamente dall' oriente all' occidente, il quale non abbia il suo particolar meridiano. Gli si dà siffatta denominazione, perchè giunto il sito della Terra, a cui egli precisamente sovrasta, dirimpetto al Sole, mercè il giornaliero movimento di quella, si fa mezzogiorno a tutti que' popoli a cui esso è verticale. Fra i tanti meridiani anzidetti convien che ve ne sia uno, da cui altri possa incominciare a contarli, e che perciò si dica il *primo* fra tutti. Siffatto primo meridiano suol farsi passare quasi generalmente per l'isola del Ferro, ch'è la più occidentale fra le Canarie, seguendo d' appresso le idee di Tolommeo: v'ha però di parecchi che incominciano a numerarli da quello che passa per la Capitale, oppur per l'osservatorio del proprio paese, dicendosi dal meridiano di Londra, di Greenwich, di Parigi, di Napoli, ec.

171. L'asse del meridiano sega l'orizzonte ad angoli retti; e i punti ove segue siffatta intersecazione, diconsi appunto *Oriente* ed *Occidente*, ossia *est* ed *ouest*; laddove quelli che corrispondono a' due poli terrestri, ovvero ad ambe l'estremità dell'asse della Terra, prendono la denominazione di *Settentrione* e *Mezzogiorno*, oppure di *nord* e *sud*. Tutt'e quattro insieme uniti diconsi generalmente *Punti cardinali*, per essere i principali fra tutti gli altri, che assegnar si sogliono sul giro dell'orizzonte, di cui ragioneremo poscia nel trattato de' Venti.

172. I due colori segansi scambievolmente ad angoli retti ne' due poli, passando uno pe' due puni solstiziali dell'ecclittica, che son que' di Cancro e di Capricorno, e l'altro pel due puni equinoziali, che son quelli di Ariete e di Libra: ond'è poi, che quello dicesi *Coluro de' Solstizj*, e questo *Coluro degli Equinozj*. Effettivamente però altro essi non sono se non se due principali meridiani.

173. I cerchi minori riduconsi, come si è detto, ai due tropici, e ai due polari. Sono tutt'e quattro fra se paralleli, non altrimenti che all'equatore, da cui i tropici si discostano per circa 23 gradi e mezzo, qual è appunto la massima obblività dell'ecclittica, a cui servono di limiti; uno verso il polo artico, e l'altro verso l'antartico. Il tropico FG esistente nell'emisfero boreale, ove noi siam collocati, dicesi *Tropico del Cancro*, segando appuntino sull'ecclittica il segno di tal nome; e quello ch'esiste nell'emisfero australe, HE, dicesi di *Capricorno*, passando realmente su tal segno. L'apparente annua carriera del Sole non oltrepassando giammai i detti tropici, succedono in essi i *Solstizj*, cui poscia spiegheremo; cioè a dire quello di stare nel tropico di Cancro, e quel d'inverno nel tropico di Capricorno.

Tav. IV.
Fig. 4.

174. In distanza di 23 gradi e mezzo, da ambidue i poli vi sono due piccioli cerchi IK, LM, denominati *Polari*; dicendosi uno *Artico*, e l'altro *Antartico*, perchè

cia-

ciascheduno di essi corrisponde al polo della medesima denominazione. Tutti gli altri cerchi frapposti fra i polari e l'equatore, diconsi *Parallelli*, per essere in realtà paralleli a quelli: e tra essi i tropici e i polari fanno la principal figura. Quelle porzioni de' paralleli, che stando al disopra dell'orizzonte, sono illuminate dal Sole, sogliono denominarsi *Archi diurni*; dicendosi *Archi notturni* le porzioni rimanenti, le quali collocate al disotto dell'orizzonte, giacciono fra le tenebre nel tempo stesso.

175. Volgendosi lo sguardo su d'un globo terrestre, manifestamente si rileva che gli spazj compresi fra i due tropici; fra ciascuno de' tropici, e il cerchio polare corrispondente; fra ciascun cerchio polare ed il suo polo vicino, si rassomigliano ad altrettante fasce, che per tal motivo si denominano *Zone*; dicendosi *Torrida* quella che racchiusa fra i tropici, vien segata per mezzo dall'equatore, perchè riputata cocente e disabitata dagli antichi, a cui era del tutto ignota siffatta region della Terra; e *Fredde*, ossia agghiacciate, quelle altre che cominciando dal cerchio polare in ciascuno emisfero, stendonsi poscia fino a' poli corrispondenti. La terza e la quarta, che trovansi frapposte tra la *Torrida* e la *Fredda*, avendo per confini in ciascun emisfero il tropico da una parte, e il cerchio polare dall'altra, prendono la denominazione di *Zone Temperate*. Sono dunque le zone al numero di cinque; cioè a dire una fredda, ed una temperata nell'emisfero boreale; altrettante nell'australe; ed una nel mezzo, la quale essendo ugualmente divisa dall'equatore, stendesi per metà verso l'uno, e per metà verso l'altro emisfero. Così nel libro I delle *Georgiche* colla solita venustà le descrive Virgilio:

*Quinque tenent calum zone; quatum una corusco
Semper sole rubens, & torrida semper ab igne:
Quam circum extrema dextra leuaque trahuntur
Caerulea glacie concreta, atque imbris atris.
Has inter mediamque dua mortalibus agris*

Mu-

*Munere concessa Divum, Et via secta per ambas,
Obliquus qua se signorum verteret ordo.*

176. Le distanze de' luoghi terrestri rapportansi da' geografi all'equatore ed al primo meridiano. Si rapportano all'equatore nell'andar dal nord verso il sud, o al contrario: si riferiscono al primo meridiano nell'andar dall'est verso l'ouest; oppure in direzione opposta si misurano mercè l'arco del meridiano, che si frappone tra l'Equatore e il luogo qualsivoglia, e si esprimono colla denominazione di *Latitudine*; queste mercè l'arco dell'Equatore, frapposto tra il primo Meridiano e quello del luogo in quistione; e prendono il nome di *Longitudine*. Che però dicendosi, che la latitudine di Napoli è di 40 gradi, 50 minuti, e 22 secondi; vuolsi intendere che l'arco del meridiano di Napoli, compreso fra l'equatore e il zenit di Napoli, è di 40 gradi, 50 minuti, e 22 secondi; il quale arco esprime la distanza di Napoli dall'equatore. E siccome cotal distanza esser può nell'emisfero settentrionale, oppur nel meridionale, così distinguesi la latitudine in *settentrionale* e *meridionale*. Dicendosi similmente che la longitudine di Napoli è di 31 gradi, 52 minuti, e 30 secondi, si vuol intendere, che il meridiano di Napoli è discosto dal primo meridiano per 31 gradi, 52 minuti, e 30 secondi, per esser tale la misura dell'arco dell'equatore; frapposto tra il primo meridiano e quello di Napoli.

177. Colla scorta di tali lumi possiamo ora francamente inoltrarci nella spiegazione de' principali fenomeni celesti mercè il sistema copernicano.

ARTICOLO V.

*Spiegazione de' principali fenomeni celesti secondo
il Sistema Copernicano.*

178. **D**ue moti ha realmente la Terra a tenor del sistema copernicano; uno dicesi *diurno*, ossia *modo di vertigi*.

rigine, e fassi intorno al proprio asse dall' occidente all' oriente nel tratto di 24 ore; l' altro chiamasi *annuo*, ossia *periodico*, perchè si esegue nello spazio di un anno scorrendo la sua grand' orbita, ovvero la vasta carriera dell' ecclittica, intorno al sole. A queste si aggiugne impropriamente il terzo, denominato *moto di parallelismo*, serbando la Terra il suo asse sempre parallelo a se medesimo in tutte le posizioni in cui si ritrova scorrendo la sua orbita; ma siffatto parallelismo, a ragionar dritto, non è che una privazione di moto; derivando egli dalla costante direzione dell' asse terrestre, il quale spinto insiem colla Terra lungo l' annuo orbe da una forza diretta contro il centro della Terra medesima, non vien determinato da veruna cagione ad inclinarsi diversamente nello scorrer pe' varj punti dell' orbe mentovato, di quel che lo era nel bel principio di una tal carriera. La tranquillità grandissima, onde la Terra esegue siffatti movimenti, ce li rende del tutto insensibili, non altrimenti che colui, il quale racchiuso entro una nave, e solcando il mare in perfetta calma, s' immagina di stare in riposo.

179. Il moto diurno della Terra da occidente verso oriente nello spazio di 24 ore, ci cagiona l' illusione circa il moto giornaliero degli astri, facendoci apparire ch' essi si muovano con moto contrario, cioè a dire da oriente verso occidente, nel medesimo intervallo di 24 ore; appunto come colui che, non sentendo il moto della nave che veleggia, crede, volgendo lo sguardo al lido, di ravvisare in quello il suo movimento in direzione affatto contraria, parendogli che venga a se quand' egli gli va incontro, e che all' opposto sen fugga qualora egli se ne allontana verso l' opposta parte. A misura dunque, che la Terra vassi rivolgendosi intorno al proprio asse verso l' oriente, sembra a noi che il Sole, quantunque immobile, non altrimenti che tutti gli astri salga su dall' orizzonte, ossia dal cerchio terminatore della nostra vista, e prosegua il suo corso giornaliero

ver-

verso l'occidente; ond'è poi, che il detto moto diurno degli astri è in fatti una pura illusione, e dell'intutto apparente. Sia *S* il Sole immobile nel centro dell'universo, e *BCD* la Terra, che si rivolga intorno al suo asse *A* da *D* verso *B*, ovvero dall'occidente verso l'oriente. Rapportandosi lo spettatore *d* (che supporrem sempre collocato; per cagion d'esempio, in Napoli) al punto *D* del cielo, vedrà egli il Sole nascente, principiando allora i raggi solari *SG* a ferire il suo orizzonte. Dopo che la città di Napoli mercè il moto giornaliero della Terra sarà avanzata tant'oltre, che lo stesso spettatore *d* rapporterassi al punto *C* del firmamento, troverà egli di avere il Sole sul suo meridiano, ed essergli verticale. Procedendo oltre la città di Napoli insiem colla Terra da *C* verso *B*, l'anzidetto spettatore *d* avrà sul suo zenit il punto *B* del firmamento, sicchè gli parrà che il Sole *S* sia già nel punto del suo tramontare, attesochè i raggi solari *SF* radono il suo orizzonte per esser perduri interamente di vista, talmentechè succederà il crepuscolo della sera; ed avverrà poscia mezza notte qualora lo spettatore *d* sarà giunto a corrispondenza del punto *E* del cielo, avendo egli allora il Sole *S* precisamente nel suo nadir: e qualora colla Terra sarà egli pervenuto di bel nuovo al disotto del punto *D*, tornerà a scorgere la levata del Sole come ne giorno antecedente. Laonde il moto *reale* della Terra da *D* verso *C* e *B*, cagionerà il moto *apparente* del Sole da *B* verso *C* e *D*. Il moto diurno dunque della Terra è ciò che produce in realtà la notte ed il giorno; laddove il moto annuo intorno all'orbita, unito a quella tale inclinazion dell'asse, che gli fa serbare la posizion sua sempre parallela a se medesimo, viene a produrre l'apparenza dell'annuo giro del Sole, e l'ineguaglianza delle stagioni.

180. Scorgesi in fatti, ch'essendo la Terra in *A*, e propriamente nel segno di Libra, ov'ella effettivamente si trova ai 20 di marzo, terrà rivolto al Sole il suo

Tom. I.

L

equa-

Tav. III
Fig. 8.Tav. IV
Fig. 1.

equatore EF in modo tale, che sarà quello verticale all'equatore medesimo. Dal che ne avverrà, ch'essendo allora il Sole nel preciso mezzo d'ambi gli emisferi, dovrà necessariamente produrre la mezza stagione, ossia il principio di *Primavera*; e rapportandosi il Sole dagli abitatori terrestri al punto C nell'opposta parte del cielo, vedrassi per conseguenza nel segno di Ariete. Ne avverrà similmente l'*Equinozio di Primavera*; stantechè essendo il Sole verticale all'equatore, l'orizzonte che costituisce i limiti fra la luce e le tenebre (§. 167), passerà pe' due poli; e quindi essendo gli archi diurni uguali ai notturni; che val quanto dire, ritrovandosi la metà dell'equatore e de' suoi paralleli, al disopra, e l'altra metà al disotto dell'orizzonte; sarà quella rivolta al Sole per 12 ore, nella rivoluzione giornaliera della Terra, e questa opposta per altre 12; e così la notte riuscirà uguale al giorno in tutto il globo terracqueo. Proseguendo quindi la Terra l'annua sua rivoluzione intorno al Sole; e giugnendo al punto B , ovvero al segno di Capricorno, ai 21 di giugno, chiaramente si ravvisa che non può ella serbare il suo asse XZ parallelo alla posizione cui avea in A , senza che il polo australe X declini dal Sole S , e senza che il polo boreale Z a lui si rivolga; cosicchè la Terra presenterà al Sole il tropico di Cancro IK in vece dell'equatore. Dal che ne avverrà, ch'essendo il Sole in quel tempo affatto verticale al tropico anzidetto, produrrà la *Stagione di Estate* per tutti que' popoli, i quali trovansi collocati nell'emisfero boreale, a cui quel tropico corrisponde; e riferendosi il Sole al punto D , sembrerà collocato nel segno di Cancro. E poichè il cerchio limitatore della luce e delle tenebre, o vogliam dire del giorno e della notte, viene espresso da nm ; chi mai non si avvede, che l'arco diurno Kr , con tutt'i paralleli esistenti nel boreale emisfero, è assai maggiore del notturno Ir , e de' suoi paralleli corrispondenti; e quindi che dobbiam noi in quella stagione aver lunghi dì e notti assai brevi, a dif-

feren-

ferenza di coloro che abitando l' emisfero opposto, debbono averle al contratio, per essere l' arco diurno HO assai minore del notturno GO? Chi mai non iscorge, che gli abitatori della zona fredda boreale *ab* aver debbono un perpetuo giorno, e quei dell' opposta *cd* una perpetua notte, essendo quella tutta al disopra, e questa al disotto del cerchio terminatore *nm* durante l' intero giro della Terra intorno al suo asse? Vi è ancora di più; ed è, che la Terra giunta a rivolgere il tropico al Sole, converrà che faccia, per così dire, un punto di riposo prima di ritornare ad inclinarsi di bel nuovo verso la parte contraria; oome avviene a colui, che giunto a un sito qualunque, voglia immediatamente ritornare addietro per la medesima strada. Ciò farà comparire il Sole *stazionario* per lo spazio di qualche giorno; e quindi succederà il *Solstizio di Estate*. La Terra giunta in C, e propriamente nel segno di Ariete, a' 23 di settembre, dovrà nuovamente presentare al Sole il suo equatore come avvenne in A; e quindi produrre l' altra mezza stagione, ovver l' *Autunno*, e l' *Equinozio autunnale*, per le stesse ragioni assegnate di sopra: ed il Sole rapportandosi ad A, sarà veduto nel segno di Libra. Finalmente passata la Terra in D, ossia nel segno di Cancro, a' 21 di dicembre, il suo polo australe X s' inclinerà verso il Sole con deviarne il boreale Z, tutt' al contrario di ciò che avvenne in B a' 21 di giugno: presenterà ella al Sole il tropico di Capricorno GH, corrispondente all' emisfero australe, e sarà *Inverno* per gli abitatori dell' emisfero boreale; ove il cethio diurno I r essendo assai minore del notturno K r, avranno i giorni di assai corta durata, e le notti lunghissime, a differenza degli abitatori dell' emisfero opposto: la zona fredda boreale *ab* sarà allora tutta immersa nelle tenebre, e l' australe *cd* illuminata in ogni dove; sicchè avrà quella perpetua notte, e questa un perpetuo dì: il Sole si riferirà a B, e comparirà nel segno di Capricorno; e per la ragione allegata di sopra succe-

derà il *Solstizio d'Inverno*. Sicchè dunque a buon conto il moto della Terra intorno all'orbita MNPQ nello spazio di un anno, ci farà comparire che il Sole si aggriri nell'intervallo stesso, descrivendo la medesima orbita; non altrimenti che a colui, il quale aggirandosi di notte intorno a una gran piazza, nel cui mezzo fosse collocato un gran fanale, sembrerebbe al certo di vederlo avanzar mano mano, ed eseguire nel tempo stesso quel giro medesimo, che starebbe egli facendo.

181. Da ciò che si è detto fin qui, si rileva similmente, che se l'asse della Terra non fosse inclinato al piano dell'ecclittica, siccome lo è effettivamente di 66 gradi e mezzo, presenterebbe ella al Sole perpetuamente le medesime parti nell'annuo suo corso; e quindi non vi sarebbe alcuna diversità di stagioni, ma bensì un perpetuo equinozio.

182. Le osservazioni praticate da' moderni astronomi, messe a confronto di quelle che ci han tramandate gli antichi, fan rilevare che i punti equinoziali, ovvero le costellazioni di Ariete e di Libra, ove abbiamo veduto riferirsi il Sole in tempo degli equinozi (§. 180.), essendosi rimosse da' punti ove l'ecclittica sega l'equatore (§. 169), sono avanzate di un intero segno, ossia di 30 gradi verso l'occidente; disortachè siffatti punti sono ora occupati da' segni antecedenti di Pesci e di Vergine. Questo è ciò che dicesi *Precessione degli Equinozi*, la quale, messo il moto della Terra, riducesi ad una pura apparenza, procedente da una leggerissima inclinazione, ossia deviamiento dal parallelismo, cui l'asse terrestre va soffrendo con somma lentezza. Questo fa sì, che rivolgendosi la Terra nella propria orbita, giugne a presentare di bel nuovo il suo equatore al Sole prima di terminare esattamente l'intero suo giro; e conseguentemente il luogo apparente del Sole si riferisce non già a quel punto dell'ecclittica, ov'egli si scorgeva nell'equinozio antecedente, ma bensì ad un altro ch'è un poco più indietro del termine dell'

dell'apparente sua orbita: dal che ne avvien poi, che quel tal punto di prima, ossia la stella che l'occupa, comparisce di essere avanzata per uno spazio corrispondente. Per formarsene una chiara idea, vale la pena di rivolger lo sguardo alla figura I della Tav. IV., ove supponesi la Terra collocata in A nel tempo dell'equinozio di primavera, per iscorrer poscia la sua orbita ABCD; e il Sole nel centro S. In tal posizione di cose rapportarassi egli, siccome abbiain detto, al punto C, ovvero alla costellazione di Ariete. Se diamo il caso, che la Terra rivolgendosi da A in B, in C, in D, nell'annuo suo corso, inclini talmente il suo asse, che presenti di bel nuovo al Sole S il suo equatore prima di giugnere precisamente al punto A, d'onde dipartissi: suppongasi per cagion d'esempio qualor sia giunta al punto 2; è chiaro che il Sole rapportandosi allora al punto 3, ossia alla costellazione di Pesci, farà comparire che la costellazione di Ariete, a cui egli si riferiva nell'altro equinozio, sia avanzata da 3 a G. La qual cosa succedendo di mano in mano in ciascun anno, fa poi sembrare a capo di molti secoli d'esservi stata una *precessione*, ossia un avanzamento ne' punti equinoziali. Or la cagion produttrice di un tal fenomeno è certamente l'attrazione del Sole e della Luna sulla regione dell'equatore terrestre, la quale dimostreremo esser rilevata sulle rimanenti in forza della rivoluzione della Terra intorno al proprio asse. Questo maggior cumulo di materia dunque nella regione equatoriale fa sì che la medesima venga attratta con maggiore efficacia dal Sole e dalla Luna; e quindi ch'ella giunga di bel nuovo allo stesso equinozio, oppure allo stesso tropico, 50 secondi di un grado, oppure 50 minuti e 17 secondi e $\frac{1}{2}$ di tempo, prima di terminare interamente il suo corso. Questo è ciò che dicesi *Anno Tropico*, la cui durata abbiain detto (§. 155) essere di 365 giorni, 5 ore, e 49 minuti; talchè vien superato di 20 minuti, e 17 secondi, e $\frac{1}{2}$ dall'*Anno Sidereo*, ovver da quello che la Terra impiega per termi-

nare perfettamente l'intero suo corso, ossia per giugnere di bel nuovo sotto quella stella, onde dipartissi nel cominciarlo. Ma poichè l'azion della Luna nella produzione di un tal fenomeno è maggiore di quella che v'impiega il Sole; ed oltre a ciò non può esser sempre uniforme, sì per cagione del continuo cangiamento de' suoi nodi (§. 157), sì ancora per esser varia la sua inclinazione all'equatore, cosicchè nelle differenti sue rivoluzioni ella si allontana più, o meno dall'equatore medesimo, ed opera su di esso con minore, o maggior forza; dee necessariamente seguirne non solo una ineguaglianza nella precessione degli equinozi, ma eziandio una specie di barcollamento, detto propriamente *Nutazione*, nell'asse terrestre. Da cagioni analoghe a queste, o vogliam dire da un certo cangiamento, cui va soffrendo l'orbita terrestre in virtù dell'attrazion de' pianeti, dipende altresì la variazione che si è osservata dagli astronomi di tutti i tempi, e che tuttavia si osserva, nella obliquità dell'ecclittica, la quale a tenor de' calcoli del signor de la Lande vassi scemando a ragione di 33 secondi per secolo. Fassi ella ascendere attualmente a 23 gradi, e circa 28 minuti.

183. Se i pianeti si riguardassero dal Sole, ch'è il centro comune de' loro movimenti, vedrebbonsi eglino proceder sempre regolarmente ne' loro giri, ossia dall'occidente all'oriente secondo l'ordine de' segni del zodiaco, Ariete, Toro, ec., o come gli astronomi dicono, in *consequentia*: ma poichè noi, che li riguardiamo, siam collocati sulla Terra; ed oltre a ciò siam perennemente trasportati colla Terra medesima intorno al Sole; ne avvien di ragione, che i movimenti de' pianeti ci compariscano irregolari, di sorta che veggonsi eglino or *directi*, o vogliam dir procedenti secondo l'ordine de' segni; ora *retrogradi*, ovvero contro l'ordine de' segni medesimi; ed ora finalmente *stazionarij*, ossia immobili in certo modo. Per ispiegare siffatti fenomeni nel suo sistema, videsi costretto il gran Tolommeo a finger tanti *epicicli*, che
i pia-

i pianeti dovean descrivere nell'immenso lor corso; nè v'ha chi non vegga quanto sia insussistente ed assurda cotal supposizione. Al contrario la loro spiegazione non solamente riesce agevolissima nel sistema copernicano, ma ne avvalora grandemente la ragionevolezza, e ne conferma la veracità (1). Suppongasì il Sole collocato in *S*; *D F E* esser l'orbe di Venere; *G I H* quello della Terra; e *B K C* il firmamento. Se ci piaccia d'immaginar la Terra situata nel punto *A*, e il pianeta di Venere in *F*, seguiranne di ragione, che movendosi egli da *F* verso *D*, comparirà *diretto*, poichè lo vedremo avanzar regolarmente da *K* verso *B* secondo l'ordine de' segni. Proseguendo egli poscia il suo cammino da *D* verso *e*, ci sembrerà per qualche tempo immobile, o vogliam dir *stazionario*; per cagione, che la stessa visuale *A B*, durante quel tratto di tempo, sarà diretta verso la Terra. Quand' egli finalmente continuerà a rivolgersi da *e* verso *E*, ciascun si avvede, che rapportandosi il suo moto al firmamento, sembrerà a noi, ch'egli arretrandosi di mano in mano, vada scorrendo da *B* a *C* contro l'ordine de' segni, e sia conseguentemente *retrogrado*, per poi ravvisarsi diretto di bel nuovo nell'avanzar che farà da *E* verso *F*. E se alla supposizione già fatta d'esser la Terra nel punto *A*, aggiungasi quella di andare anch' ella scorrendo nel suo orbe *G I H*, siccome effettivamente addiviene; vi sarà una ragione di più,

Tav. v.
Fig. 2.

L 4

per

(1) Tanto ne conferma la veracità del sistema, che supponendo un pianeta, per esempio Marte, girarsi intorno alla Terra; quando è stazionario, la stazione non sarebbe più un fenomeno apparente per un terricola, quando la Terra fosse il centro del sistema, ma sarebbe una cosa reale; dunque nel tempo della stazione l'area descritta sarebbe zero, e però non sarebbe proporzionale ai tempi contro la prima legge di Keplero. Oltre di che, se zero fosse l'area, vale a dire, se restasse fermo il pianeta per qualche istante, la forza tangenziale sarebbe totalmente opposta, ed eguale alla forza centrale; ed in conseguenza non potrebbe più ripigliare il moto in una curva, giacchè questo dipende da due forze differenti che agiscono sotto un angolo.

per cui dovranno accadere i fenomeni divisati; i quali, siccome ognun vede, non sono che apparenti. Or come mai potrebbero i medesimi succedere qualora la Terra occupasse il centro del sistema giusta il pensar di Tolommeo? Essendo i pianeti ne' due punti D ed E, ove le tangenti AB, AC vengono a contatto coll'annojo lor orbe, diconsi essere nella massima loro *Elongazione*, ossia nella massima distanza dal Sole, la cui misura viene espressa dall'angolo KAC. Ed in fatti progettandosi il Sole S in K nell'ampia volta del firmamento, è ben manifesto non esservi altri punti nell'orbe DFE, ne' quali ritrovandosi il pianeta, l'angolo di elongazione venga misurato da archi maggiori di KB, oppur di KC.

184. Colla medesima facilità e con ugual soddisfazione possono spiegarsi nel sistema copernicano tutti i rimanenti fenomeni celesti, il cui minuto dettaglio spetta di proposito a' particolari trattati di Astronomia. Vi sono delle macchine denominate *Planetarie*, le quali caricate a guisa di oriuoli, fanno muover la Terra, e i rimanenti pianeti co' loro naturali movimenti, e ne' rispettivi tempi indicati di sopra (§. 162); dimodochè ne sieguono evidentemente tutti i fenomeni dichiarati in questo Articolo. Ve ne sono qui quattro eccellenti, una delle quali appartiene alla R. Accademia Militare, un'altra al cavaliere D. Giovanni Vivenzio, il cui pregevolissimo gabinetto si va aumentando di giorno in giorno coll'acquisto di macchine della miglior costruzione: le due rimanenti son mie; ed una di esse è destinata principalmente a dimostrare in grande, e colla maggior precisione possibile, i diversi moti della Terra, e tutti i fenomeni che ne derivano.

185. Sembrerà un paradosso a primo lancio il dire, che la Terra è più vicina al Sole in tempo d'inverno, che di estate: eppure è questo un fatto evidentissimo, dipendente dalla figura ellittica della sua orbita, di cui ragioneremo nella Lezione seguente. Costa dalle osser-

va-

vazioni, su cui non cade verun dubbio, che il diametro apparente del Sole, misurato per via del micrometro, è notabilmente maggiore in tempo d'inverno: indizio certissimo della maggior vicinanza del pianeta a noi. Ritrovansi la Terra pertanto nel suo *Afelio*, ossia *nella sua massima distanza dal Sole*, nel mese di giugno, in tempo che si approssima al solstizio estivo; e nel suo *Perielio*, ovvero *nella sua minima distanza dal Sole*, nel mese di dicembre qualor si avvicina al solstizio d'inverno; e siffatta differenza ascende pressochè alla trentesima parte della distanza totale della Terra dal Sole, ossia a 370 diametri terrestri, equivalenti a più di un milione di leghe. La ragione per cui abbiain l'estate in tempo della massima distanza dal Sole si è, che allora i raggi solari cadendo a perpendicolo sulla Terra, sono perciò più concentrati, e il calore farsi più attivo, che in tempo d'inverno, allorchè l'obliquità grande de' raggi medesimi fa sì che ne cada un minor numero su di una data estension di paese, andandosi gli altri a disperdere a maggiori distanze. Si aggiugne a questa un'altra potentissima cagione, qual'è quella della lunga durata de' giorni in tempo d'estate (§. 180), la quale cagiona che il Sole abbia tempo di riscaldare notabilmente la Terra, senzachè possa questa raffreddarsi nelle corte notti che sieguono; cosicchè aumentandosi perciò considerabilmente il calore ogni giorno, si accumula fino a un tal grado, che rendesi eccessivo ed insopportabile; tutt'altrimenti di ciò che accade l'inverno, a motivo delle lunghissime notti (§. 180), le quali sono atte a dissipare il calore generato dal Sole nella breve durata de' giorni.



LEZIONE IV.

*Dell' Applicazione delle Forze centrali al
moto de' Corpi celesti; e quindi del
Flusso e Riflusso del Mare.*

ARTICOLO I.

Delle Teorie delle Forze centrali rapportate a' Corpi celesti.

186. **A**bbiam veduto nell' antecedente Lezione, che i corpi che si rivolgono su linee curve, debbono necessariamente esser tratti almeno da due forze, una delle quali sia capace a farli deviare dalla tangente di quelle (§. 135); e che movendosi un corpo in giro in guisa tale, che tirati de' raggi a un punto qualunque da' varj punti della sua orbita, descriva egli le aie all' intorno di quel punto proporzionali ai tempi, è un segno evidentissimo d'esser egli tratto da forze tendenti a quel punto come verso di un centro (§. 143). Ora essendo manifesto in virtù delle più accurate osservazioni praticate dagli astronomi, che i pianeti primarj descrivono aie proporzionali a' tempi all' intorno del Sole, non altrimenti che i pianeti secondarj intorno a' loro primarj, non si avrà veruna difficoltà di affermare che la forza, onde i pianeti primarj, deviando dalle tangenti rettilinee, vengono obbligati a muoversi all' intorno del Sole, abbia per centro il Sole medesimo; nella guisa appunto che la forza de' pianeti secondarj dee aver per centro i rispettivi loro primarj. E poichè tirandosi de' raggi da' varj punti delle orbite de' pianeti primarj alla Terra, si trova che le aie da essi descritte non sono proporzionali a' tempi, necessario è il dire che il
So-

Sole e non la Terra sia il centro de' loro movimenti; e quindi che il vero sistema del Mondo sia in realtà il sistema copernicano (§. 147).

187. Stabilita siffatta verità con tutta l'evidenza, è cosa agevolissima il rintracciar la legge, onde opera l'indicata forza centrale, quando vogliasi avere in mira la seconda famosa legge di Keplero, che riguarda il rapporto costante tra le orbite de' pianeti, e il tempo ch'essi impiegano per iscorrerle. Scorgendò egli, che quantunque l'orbita di Giove non sia che cinque volte maggiore di quella della Terra, pure impiega egli dodici volte più di tempo nello scorrerla, si applicò di proposito a rintracciarne la cagione; e dopo moltissimi e replicati tentativi, gli riuscì finalmente di ritrovare, che *i quadrati de' tempi periodici de' pianeti sono come i cubi delle loro distanze medie dal Sole*. Così, per modo di esempio, siccome il quadrato del tempo periodico di Giove è 140 volte maggiore del quadrato del tempo periodico della Terra, così il cubo della distanza media di Giove dal Sole è 140 volte maggiore del cubo della distanza media della Terra dal Sole medesimo. La qual cosa non solamente si avvera ne' pianeti primarj, ma benanche ne' secondarj, a tenore di ciò che ad altri astronomi è riuscito d'investigare. Di fatti paragonando le distanze de' satelliti di Giove e di Saturno, colla durata delle loro rivoluzioni intorno a' rispettivi pianeti, vi si ritroverà evidentemente il medesimo rapporto. Lo scuoprimiento adunque della testè dichiarata legge kepleriana servì a Newton di regola infallibile, e lo condusse quasi per mano a rintracciare, che la forza centrale, onde i pianeti son ritenuti nelle loro rivoluzioni, e quindi obbligati ad aggirarsi intorno a' lor centri per curvi sentieri, è *nella reciproca ragione de' quadrati delle distanze da' centri medesimi* (1). Egli è ora dimostrato in mate-

ma-

(1) Quando il moto è equabile, si $v = \frac{r}{t}$, il che

pu-

matica esser tale la legge che compete alle forze centrali di que' corpi, che rivolgendosi in orbite prossimamente circolari, danno i quadrati de' tempi periodici come i cubi delle loro distanze dal comun centro del loro movimento; siccome d'altra parte dandosi per certo, che i corpi celesti, esempigrazia, descrivano orbite ellittiche, od anche un'altra sezione di cono, ne dee necessariamente seguire (1), che la forza centrale, onde sono animati, è nella ragione inversa de' quadrati delle distanze.

188. La sublimità dell'ingegno di Newton squarcian* dogli arditamente il tenebroso velo dell'ignoranza, condusselo mercè la scorta de' rammentati lumi a poter rinvenire, che la forza centrale de' pianeti, di cui si è ragionato fin qui, non differisce punto da quella di Gravità, che abbiám veduto competere a tutt' i corpi terrestri (§. 68). S'egli è fuor di contesa, che gli spazj rettilinei, trascorsi da' corpi liberamente cadenti dallo stato di riposo in un dato tempo, sono sul cominciar del lor moto proporzionali alle forze che li obbligano a discendere; sarà vero altresì, che la forza centripeta della Luna sarà a quella di Gravità nella superficie terrestre, come lo spazio che la Luna scorrerebbe in un picciolissimo tempo (ov'ella abbandonando il naturale suo corso, scendesse in virtù della sua forza centripeta verso il centro terrestre), è allo spazio che un corpo qualunque trascorrerebbe nel tempo stesso cadendo da una picciola altezza per forza di sua Gravità verso il

cen-

pure ha sempre luogo in qualunque curva, trattandosi d'un istante indivisibile di tempo; ma per ipotesi abbiám $t^2 \propto r^2$; dunque sostituendo nella prima equazione r^2 in luogo di t^2 , sarà $v \propto \frac{r}{t^2} \propto \frac{x}{t^2}$

$\propto \frac{x}{d^2}$, essendo $r \propto d$, cioè, le forze centrali sono nella ragion reciproca dei quadrati delle distanze.

(1) Vedete il teorema secondo alla nota posta dopo il §. 145.

centro della Terra. Or l'anzidetto spazio, cui scorre la Luna (uguale, siccome abbiain detto nel §. 139, al seno verso dell'arco ch'ella descrive in un dato tempo, attesochè quel seno è appunto la misura del deviamiento ch'ella soffre dalla tangente in vigor della forza centrale), si è rilevato mercè il suo tempo periodico e la sua distanza dal centro terrestre, a tenor di ciò che si è dimostrato nel §. 141; e trovasi essere a quello d'un grave che discende presso alla Terra, come il quadrato del semidiametro terrestre al quadrato del semidiametro dell'orbita lunare: che val quanto dire, nella reciproca ragione dei quadrati delle distanze. Di fatti i gravi, che fansi liberamente scendere verso il centro terrestre, scorrono 15 piedi nel tempo d'un secondo; dovechè la Luna descrive nel tempo stesso un arco della sua orbita, ch'è circa 33 minuti terzi, il cui seno verso, uguale, come si è detto, allo spazio per cui vien tratta giù dalla forza centripeta della Terra, uguaglia $\frac{1}{32}$ di piede, che in 15 piedi entra 3600 volte. Dunque la Luna viene attratta dalla Terra con un grado di forza, ch'è 3600 volte minore di quella onde son tirati i corpi terrestri. Ma la distanza della Luna dal centro terrestre eccede di circa 60 volte quella de'corpi collocati presso alla superficie della Terra; e il quadrato di 60 è 3600: egli è dunque manifesto che la forza centripeta, che opera sulla Luna, scema a proporzione che cresce il quadrato della distanza; ed è tale, che un corpo dorato di quella (accresciuta però successivamente secondo la diminuzione del quadrato delle distanze, a misura che scendendo egli dalla Luna, si andasse approssimando alla Terra), descriverebbe in vicinanza della Terra uno spazio di 15 piedi, ed $\frac{1}{32}$ nell'intervallo di un secondo, siccome può ciascuno rilevare da se mercè di un calcolo semplicissimo. Ma i corpi terrestri, che liberamente cadono, scorrono anche lo spazio di 15 piedi, ed $\frac{1}{32}$ in tempo di un secondo. Dunque la forza, ond'è ritenuta la Luna, siegue la stessa legge di quella della Gravità

virà (1). La forza similmente, onde il Sole a se trae il pianeta di Saturno, è 100 volte minore di quella ond'è tratta la Terra, per esser quello 10 volte più distante di questa dal corpo solare; ed ognun sa che il quadrato di 10 è 100. Ciochè si avvera ugualmente finanche ne' satelliti di Giove e di Saturno. Ma la forza di Gravità si trova seguire una tal proporzione (§. 76): hanno elleno dunque la medesima indole, nè differiscono punto l'una dall'altra: dal che rendesi manifesto che la forza centripeta della Luna, e conseguentemente degli altri pianeti, nulla differisce dalla forza di Gravità de' corpi terrestri; e che l'immensa massa del Sole spandendo abbondantemente tutt'all'intorno fino a distanze incomprendibili la propria attrattiva forza; quasi sovrano di tutti gli astri del nostro sistema, efficacemente a se li trae, e se li fa rivolgere intorno con perpetui e regolati giri, non altrimenti che la Terra, Giove, Saturno, ed Herschel, a se traggono e fanno ruotare le loro rispettive Lune, essendo da quelle, non meno che il Sole da tutt'i pianeti, per virtù di riazione tratti ugualmente. Dal che avvien poi, che incontrandosi eglino ne' loro giri in varie distanze ed in diverse direzioni, disturbano vicendevolmente in qualche modo i regolari loro movimenti, e cagionano quelle tali *anomalie*, o irregolarità che dir si vogliano, la cui misura si scorge in virtù del calcolo corrisponder benissimo alle note leggi della Gravità e dell'Attrazione (2).

189. Dalle cose fin qui dette, può chicchessia manifestamente scorgere come l'uomo stabilito in una immen-

sa

(1) Vedete la nota seconda del §. 76.

(2) Chi avesse genio di vedere come, incontrandosi nei loro giri in varie distanze ed in varie direzioni, vengano disturbati questi loro regolari movimenti, legga la dissertazione del celebre Boschovich *De inaequalitatibus Jovis & Saturni*, e quella dell'Eulero sulla stessa materia, per cui ha riportato un premio dall'Accademia reale delle Scienze di Parigi.

sa distanza dagli astri, e costituito dalla natura a non potersi sollevare un palmo, per così dire, al disopra della superficie terrestre, può poscia, mercè gl'ingegnosi sforzi del suo intelletto, trasportarsi come a volo ne' vasti spazj del cielo, per esaminarvi a bell'agio le leggi portentose de' loro moti; e quanto sia deplorabile l'ignoranza di coloro, i quali privi di siffatti lumi, riguardano come favole e come cose affatto insussistenti, tutto ciò che dagli astronomi si asserisce relativamente a corpi così lontani da noi.

190. Uopo è dunque considerare i pianeti a guisa di tanti corpi proiettati, per così dire, dalla mano dell'Onnipotente fin dal tempo della lor creazione; i quali se avessero dovuto ubbidire soltanto a cotesta forza, sarebbero andati a disperdersi, chi sa con qual successo, nell'immenso spazio de' cieli; siccome d'altra parte sarebbero andati a piombare nel lor centro, qualora scevri dall'accennata forza di proiezione, avessero dovuto unicamente seguire la legge di gravità. Per la qual cosa animati eglino d' ambedue coteste poderose forze nel tempo stesso, dovettero in virtù dell'esposte leggi, incominciare immediatamente a descrivere una curva intorno al centro del lor movimento; e lo scorgersi di fatti, che tutt' i corpi celesti aggiransi su linee curve intorno ai centri de' loro movimenti, è un certissimo indizio ch'essi eseguono i loro moti, e mantengonsi equilibrati in quelli per virtù delle additate forze.

191. Egli è cosa dimostrata, che se la velocità comunicata al mobile dalla forza di proiezione, è nella ragione inversa della radice del raggio, ossia della distanza in cui quello si rivolge; la curva che descriverà, sarà certamente un cerchio (1). Ma siccome giusta la famosa ed interessante scoperta fatta da Keplero col pa-

ra-

(1) Abbiamo per ipotesi $C = \frac{1}{\sqrt{R}}$, e perciò $C^2 = \frac{1}{R}$; ma nel

cer-

Tav. I.
fig. 8.

ragionare tre distanze di Marte dal Sole in più osservazioni; è cosa indubitata che i pianeti si rivolgono in orbite ellittiche, in uno de' cui fuochi è il Sole; uopo è affermare che la velocità primitiva comunicata ai pianeti nel punto della massima loro distanza dal Sole, ossia dell' *Afelio*, dovè esser minore dell' accennata di sopra; e che prevalendo in conseguenza la forza di attrazione, dovettero quelli esser tratti di mano in mano a maggior vicinanza al Sole, descrivendo una curva, i cui punti fossero meno lontani dal Sole medesimo di quel che sarebbero stati i punti della circonferenza di un cerchio del medesimo raggio. Supponghiamo dunque, che il Pianeta partitosi dal suo *Afelio* A con una forza di proiezione minore di quella che sarebbe stata necessaria per descrivere un cerchio del raggio AS, qual sarebbe GAH; e tratto quindi successivamente verso il Sole S, fosse giunto al suo *Perielio* B, ossia al luogo del suo massimo avvicinamento al centro del suo moto. Avendo egli nel tratto di un tal cammino dovuto descrivere spazi proporzionali ai tempi, siccome fu per la prima volta scoperto da Keplero, e siccome abbiám già dimostrato (§. 143) dover avvenire in virtù delle forze centrali; ne siegue per necessaria conseguenza, che la sua velocità ha dovuto accrescersi di mano in mano; essendo cosa evidentissima che il pianeta ha dovuto impiegare maggior tempo nello scorrere l'arco AE, che l'arco EB, per essere l'aia ASE molto maggiore di ESB; ma questi due archi sono uguali. Dunque ha egli dovu-

to

cerchio si ha (§. 139) $V = \frac{C^2}{R}$; dunque sostituendo in questa seconda equazione il valor di C^2 che abbiám trovato nella prima, avremo $V = \frac{x}{R R} = \frac{x}{R^2}$, cioè, la forza centrale è nella ragion inversa del quadrato del raggio; ma questa è la formola della forza centrale che si ottiene quando il corpo si muove in un cerchio, come abbiám veduto al Cor. 2 della nota al §. 141; dunque la curva che descriverà un corpo con la suddetta condizione, sarà un cerchio.

ro scorrer su di EB con maggiore velocità. E poichè siffatta velocità si accresce nella ragione inversa della distanza; se supponiamo che BS sia la quarta parte di AS; essendo la distanza in B, quattro volte minore che in A; ne siegue che la velocità del pianeta in B, sarà quattro volte maggiore di quella che avea in A. Abbiain di sopra osservato che la velocità necessaria per far che un mobile descriva un cerchio, è nella ragione inversa della radice del raggio. Or supponendo AS uguale a 4; e BS uguale ad 1; le radici di tali distanze saranno come 2 ad 1. Se dunque la velocità richiesta affinchè il pianeta descrivesse un cerchio essendo in A, era come 1; si richiede che la medesima sia ora doppia per far che il pianeta, essendo in B, descriva un cerchio del raggio BS. Ma si è poco fa rilevato che il pianeta scendendo da A in B, ha acquistato una velocità quattro volte maggiore. Chiaro dunque si scorge, ch'essendo egli dotato in B di una quantità di forza, doppia di quella che si richiede per poter descrivere un cerchio del raggio BS, dee necessariamente abbandonare una tal direzione, e quindi montar su verso F, discostandosi dal centro, finattantochè diminuita la velocità di mano in mano per cagioni contrarie a quelle, per cui si accrebbe nel discendere dall'altra parte dell'asse AB, va a descrivere salendo la stessa curva che ha descritta nella discesa; talchè rientrando in quella di bel nuovo, viene conseguentemente a descrivere un'orbita ellittica (1).

Tom. I.

M

192.

(1) Quantunque il mobile nell'afelio abbia minor forza che nel perielio, pure perchè tanto la forza tangenziale, quanto la forza centripeta agiscono insieme nel medesimo tempo in maniera, che in qualunque punto della curva una non agisce mai oppostamente all'altra, nè tutte due operano sulla stessa linea della medesima parte, ne segue che il mobile deve muoversi continuamente per una curva; altrimenti sarebbe falso il Cor. 2 che abbiamo dato dopo il lemma posto alla nota del §. 132. Quindi resta sciolta l'obbiezione che

giore di quella, onde la Luna si rivolge intorno alla Terra; rendesi eziandio manifesto che la forza, onde Giove ritiene il suo satellite, è 256 volte maggiore di quella, onde la Luna è ritenuta dalla Terra; per essere 256 il quadrato di 16 ch'esprime la velocità. Or siccome questa forza attrattiva è proporzionale alla quantità della materia (§. 137); da quel che si è detto si deduce che la massa di Giove è 256 volte maggiore della massa terrestre. Quindi se il volume di Giove superasse 256 volte il volume della Terra, ciò indicherebbe che la densità di Giove sarebbe uguale a quella della Terra; ma poichè lo supera di 1246 volte, in cui 256 si contiene 4 fiate (lasciando da parte le frazioni); ciò fa vedere che ci vuole la quantità di materia contenuta in quattro parti del volume di Giove, per uguagliare quella che contiensi in una parte sola del volume della Terra; e conseguentemente che la densità della Terra è quattro volte maggiore di quella di Giove.

194. La stessa regola ci dà similmente la densità di Saturno rispettivamente alla Terra; e questo è il metodo, di cui ha fatto uso il Newton; e poichè da siffatti risultati si rileva, che questi tre pianeti crescono in densità a misura che sono più prossimi al Sole; supponendo, com'è verisimile, che la stessa legge abbia luogo negli altri pianeti, si sono quindi dedotte le rispettive densità di Venere, Marte, e Mercurio, la cui potenza attraente, oppur la massa che dir si voglia, non si può rilevarne pel modo anzidetto per esser egli privi di satelliti.

195. Ciò basta per darvi una qualche idea de' fonti, da cui sono derivate parecchie utilissime verità astronomiche, la cui intelligenza contribuisce moltissimo a far acquistare un adeguato conoscimento delle interessantissime leggi dell'Attrazione, le quali per virtù d'un esame assai severo, scorgonsi mirabilmente connesse col sistema generale del Mondo.

ARTICOLO II.

Del Flusso e Riflusso del Mare.

196. **O**sservasi nel mare un fenomeno meraviglioso, qual è quello, che le sue acque sollevandosi per ben due volte al di sopra del loro naturale livello, e quindi abbassandosi alternativamente per altrettante fiato nell'intervallo di presso a 24 ore e tre quarti, vanno ad inondar le sue rive: e poi le abbandonano di bel nuovo. Questo è ciò che dicesi *Marea*, od anche *Flusso e Riflusso* del mare, denominandosi poscia specialmente *alta Marea* l'innalzamento delle acque, e *bassa Marea* la loro depressione. Cotai portentoso fenomeno ha destato in tutt'i tempi la curiosità, e l'attenzione de' filosofi, la maggior parte de' quali si son ritrovati oltremodo imbarazzati nel volerne dare una spiegazione soddisfacente. Non v'ha però alcuno fra gli antichi, che ne abbia ragionato con maggior precisione ed aggiustatezza, quanto Plinio il vecchio, il quale nel secondo libro della sua *Storia naturale* rammentandone distintamente le più minute circostanze, lo fa francamente derivare dalla forza attrattiva del Sole e della Luna sulle acque marine. Vi sonio stati di quelli che l'hanno attribuito a' fiumi, i quali precipitandosi nel mare, cagionassero l'elevazione delle sue acque: altri hanno immaginato che procedesse da un assorbimento e da una espulsione alterna delle acque marine entro a voragini immense esistenti nel fondo di quelle; e v'ha di coloro che lo han creduto un effetto di un bollore originato da fuochi sotterranei. Galilei è stato di opinione, che fosse cagionato dal moto diurno ed annuo della Terra (§. 178). Keplero però, ch'ebbe un'idea assai precisa della forza di attrazione, lo spiegò col mezzo di quella, siccome era stato indicato da Plinio: e Newton dopo di aver rintracciate le leggi di siffatta prodigiosa for-

za, seppe adattarle così bene alla spiegazione delle maree, e corroborò la sua teoria con tali dimostrazioni, che può essa giustamente riputarsi tutta sua. Aggiuntesi le specolazioni e le fatiche di Halley, Bernoulli, Eulero, Maclaurin, e d'Alembert, si è renduta la cosa così manifesta, che pare non esser più soggetta a veruna sorta di dubbio.

197. Gli argomenti e i fatti luminosi, su cui è fondata la testè indicata teoria, sono i seguenti. Osservasi in primo luogo, che le rammentate due maree giornaliere (§. 196) non avvengono sempre all'istessa ora, ma ritardano da un giorno all'altro di circa tre quarti d'ora (e propriamente di $48'46''$); corrispondentemente al ritardo dell'arrivo della Luna al meridiano. In secondo luogo è cosa osservabile, che il periodo delle maree non differisce punto da quello della Luna: giacchè in fine d'ogni lunazione, o vogliam dire al termine d'ogni rivoluzione sinodica (§. 156), le maree veggonsi seguire a un di presso alla medesima ora. In terzo luogo egli è cosa costantissima, che le maree sono più considerevoli e più forti in tempo delle sigizie, ossia in tempo della nuova Luna e della Luna piena; che durante le quadrature (§. 157). Inoltre avviene generalmente, nè si pone affatto in dubbio, che le maree, di cui si ragiona, sono assai più sensibili in tempo che la Luna è *perigea*, ovvero nella sua massima vicinanza alla Terra, che quand'ella è *apogea*, ossia nella sua massima distanza dalla Terra medesima: e la differenza è così grande, ch'essendo la Luna *perigea*, succedono maree tali nelle sue quadrature, che giungono ad uguagliare quelle delle sigizie *apogee*. Da un grandissimo numero di osservazioni praticate a Brest, viene evidentemente a risultare, ch'essendo la Luna nella sua media distanza, produce una marea di 13 piedi, e 5 pollici; laddove essendo *apogea*, non la produce che di 10 piedi, e 10 pollici; siccome la è di 16 piedi, essendo *perigea*; cosicchè l'elevazione delle acque marine varia a norma delle
di-

distanze lunari; ed in tempo delle sigizie perigee sorpassa di più di cinque piedi quella che suole accadere nelle sigizie apogee. E come la massima distanza della Luna è alla sua distanza minima come 8 a 7, i cubi sono come 3 a 2, così sono eziandio gli effetti della sua forza, ossia le maree osservate durante le accennate distanze. E' già dimostrato presso gli astronomi, che quantunque l'intera forza attrattiva della Luna sia: nella ragione inversa de' quadrati delle distanze (§. 188), nulladimeno però è in quella de' cubi qualora ella si scompone nella forza orizzontale, ed in quella che siegue la direzione del raggio terrestre, per aver l'effetto ch'ella produce sulla gravità delle acque relativamente al centro della Terra.

198. Dall'osservarsi costantemente, che le maree sono maggiori in tempo delle sigizie (§. 197), manifestamente si deduce, che ove l'azione lunare trovasi congiunta a quella del Sole, viensi ad aumentare notabilmente il loro effetto: per conseguenza non è da mettersi in dubbio, che il Sole abbia parimente qualche influenza sulla produzione delle maree: tanto vieppiù, che costa dalle osservazioni rapportate dal signor Cassini nelle Memorie dell'Accademia delle Scienze di Parigi, che le maree del solstizio d'inverno sono maggiori di quelle del solstizio estivo. Or egli è certo, che la distanza del Sole dalla Terra nel principio di gennaio, è a quella in cui egli si ritrova nel principio di luglio, come 9832 a 10168; tamentechè rapportando tra loro i cubi di siffatte distanze, viensi a rilevare che la forza solare nella produzione del fenomeno in quistione, è maggiore d'una decima parte in tempo d'inverno, che nella state. Ed in vero, anche lasciando da parte fatti così luminosi, è cosa naturalissima il supporre che il Sole, la cui attrazione sulla Terra, non che sui rimanenti pianeti, è tanto sensibile e manifesta, debba esercitarla eziandio sulle acque del mare, quantunque meno efficacemente della Luna per cagione della sua prodigiosa distanza da quel-

le. Per verità reca grandissimo piacere che lo scorgere; gli astronomi a forza di osservare i varj fenomeni delle maree, ed a forza di contemplarli attentamente, sono giunti a rintracciare con evidenza il rapporto scambievolmente dell'azion del Sole e di quella della Luna; giacchè nelle sigizie, ove trovansi egliino congiunti, necessaria cosa è che gli effetti da essi prodotti sieno la somma delle loro azioni; laddove nelle quadrature, allorchè le loro azioni fansi in direzioni differenti, gli effetti medesimi esprimer debbono per necessità la differenza di quelle. Di fatti essendosi rilevato dalle osservazioni riferite da Bernoulli, che le maree (suppongansi a s. Malò) delle sigizie sono a quelle delle quadrature come 50 a 15, ossia come 10 a 3, è manifesto che a tenor di tali osservazioni le forze impiegate da' due luminari per produrre quelle tali maree, sono tra loro come 13 a 7, giacchè la somma di questi due numeri, ch'è 20, è a 6, ch'è la loro differenza, come 10 è a 3, ossia come le maree osservate. Ma 13 è poco meno che il doppio di 7. Dunque la forza impiegata dalla Luna per produrre le maree, è poco men che doppia di quella che s'impiega dal Sole. Nulladimeno però giusta le osservazioni più esatte, raccolte dal signor de la Lande, si rileva evidentemente, che l'azion del Sole è a quella della Luna, come 1 a $2\frac{1}{4}$; ovvero come 1 a $2\frac{1}{2}$ a un di presso.

199. Stabilita evidentemente per via di fatti la vera cagion produttrice del flusso e riflusso del mare; e determinato eziandio il rapporto delle forze che vi s'impiegano per produrli; egli è tempo ormai di dichiarare il modo, ond'essi vengonsi a generare. Or per ben intendere la spiegazione di cotai fenomeni, uopo è richiamare alla memoria il principio generale già da noi altrove stabilito; cioè a dire, che la forza di Attrazione è nella ragion reciproca de' quadrati delle distanze. Che però se la Terra non consistesse che in una superficie piana, tutt'i suoi punti sarebbero ugualmente attratti dalla Luna; e non vi sarebbe alcuna marea; ma poichè ella

ella è conformata presso a poco alla guisa d'un globo, dee necessariamente seguirne, ch'essendo la Luna in M, *Tav. IV*
 le acque del mare, che circondano un tal globo, saran- *fig. 3.*
 no maggiormente attratte nel punto B, ch'è più vicino
 alla Luna, che ne' punti F, G, che ne sono più disco-
 sti. Per la stessa ragione le acque corrispondenti a co-
 testi punti F, G, saranno attratte più poderosamente di
 quelle ch'esistono in A e in C, per esser queste più
 distanti dalla Luna. Per la qual cosa le acque in B, in-
 nalzandosi più che in F e in G, e queste similmente
 più che in A e in C, dovranno conformarsi in uno
 sferoide c'ittico, non altrimenti che vedrem succedere
 alla Terra per virtù della forza centrifuga; e quindi
 inondare que' luoghi della Terra, che a B son vicini:
 siccome d'altra parte forz'è che si abbassino in A ed
 in C, per correre verso FBG, producendo così il *reflus-*
so, ovvero la *bassa marea*.

200. E poichè a tenor della legge indicata di sopra
 (§. 187) il centro della Terra E per esser più vicino
 alla Luna M, di quel che sono le acque collocate in L,
 uopo è che soggiaccia ad una maggior forza di attra-
 zione, andrassi egli ad accostare maggiormente a quella;
 e quindi le acque in L essendo meno attratte, resteran-
 no, diciam così, un poco più indietro: ond'è, che si
 conformeranno parimente in questo emisfero inferiore in
 uno sferoide ellittico, comechè per cagioni del tutto op-
 poste a quelle, per cui han presa una tal forma nel su-
 periore emisfero ABC. Dal che ne avverrà, che ne' luo-
 ghi adiacenti a D vi sarà alta marea nel punto medesi-
 mo, in cui seguirà ne' siti adiacenti a B; che val quan-
 to dire, che si avrà l'alta marea sì quando la Luna è
 sul nostro zenit, che quand'ella è nel nostro nadir.
 Ciò ch'è seguito in B ed in D, accaderà dopo lo
 spazio di circa sei ore ne' punti A e C; che val lo
 stesso che dire, che qualora la Luna, facendo il suo cor-
 so intorno alla Terra, sarà giunta in H, produrrassi
 l'alta marea ne' punti A e C, per le stesse ragioni,
 per

per cui si produsse in B ed in D; ne quali conseguentemente farassi ora la marea bassa: e così si ragioni de' rimanenti punti della superficie terrestre; inguisachè ritornata la Luna al punto M nell'intervallo di circa 24 ore e tre quarti, si troverà di aver cagionato in ciaschù lido del globo due maree basse, e due alte, che si son succedute alternativamente dopo lo spazio di circa sei ore. Che però a tenor di tali cose ci sarà permesso d'immaginarci, che il mentovato sferoide acquoso siegua tutt'all'intorno della Terra il corso della Luna, e vada così mano mano inondando, que'luoghi che si trovan vicini alla sua sommità, ossia nella direzione del suo grand'asse, lasciando successivamente a secco quegli altri che trovansi corrispondere al suo picciolo asse, ovvero ai suoi lati.

Tav. IV. 207. Se essendo la Luna in M, avvien che il Sole si ritrovi in N in congiunzione colla medesima, la sua

Fig. 3.

forza di attrazione unirassi a quella della Luna; e co-
spirando perfettamente tra di loro, produrranno un ef-
fetto uguale alla somma delle loro forze, e conseguente-
mente innalzeranno le acque ad una maggiore altezza.
Rendesi dunque manifestissima la ragione, onde le maree
sono più alte e più rimarchevoli in tempo delle sigizie
(§. 197). Ugualmente chiaro rendesi eziandio, che le
maree esser debbono più basse e più deboli, essendo
gl' indicati luminari nelle loro quadrature (Ivi); con-
ciossiachè l'effetto da essi prodotto, uopo è che ugua-

Tav. IV.

Fig. 3.

gli la differenza delle loro forze. Ed in fatti supponen-
do la Luna in H, e il Sole in P, ovvero in O, le dir-
zioni, onde agiranno le loro forze, sono in qualche
modo opposte; cosicchè la Luna si sforzerà di trar le
acque verso H, e il Sole farà forza d'innalzarle verso P.
Dal che dovrà seguirne, che se la sola forza lunare fos-
se capace d'innalzarle fino all'altezza di sei piedi, e il
Sole fino all'altezza di due; l'innalzamento, ossia la
marea, non sarà che di 4 piedi dalla parte della Luna;
uguale all'eccesso, ovvero alla differenza della sua forza,
paragonata a quella del Sole.

202. Parecchi son di parere, che le maree degli equinozi sieno generalmente le massime fra tutte; ma il signor de la Lande dopo di aver seriamente, e con somma maestria ed accuratezza esaminato questo punto, crede poter conchiudere, che nè le osservazioni, nè la teoria sono favorevoli a cotale opinione; e che se talvolta avvengono delle maree grandissime durante gli equinozi, sono elleno del tutto accidentali, ed attribuirsi debbono non già all'attrazione degli accennati luminari, ma bensì alla violenza de' venti, da cui se ne sogliono produrre anche in altri tempi dell'anno. E' ben vero però, che ne' luoghi collocati al disotto dell'equatore le più alte maree seguir debbono in tempo degli equinozi; non altrimenti che in quelli che giacciono al disotto de' tropici, debbono accadere in tempo del solstizio corrispondente, per la ragione ch'essendo allora la Luna e il Sole nel loro zenit, la sommità dello sferoide acquoso (§. 200) dee rivolgersi a quello; e quindi forz'è che inondi massimamente que' tali luoghi sottoposti. Ciochè per altro viene anche a soffrire delle alterazioni, provenienti dalle circostanze locali, come si avvertirà in appresso.

203. Affin di penetrare più addentro nella teoria delle maree, e per poter acquistare un'adeguata idea della cosa, vuolsi assolutamente notare, che quantunque il tempo delle maree sia esattamente corrispondente al passaggio della Luna sul meridiano (§. 197); nulladimeno però non sogliono esse avvenire nel tempo medesimo; ma un poco più, o meno tardi, a tenor delle circostanze de' luoghi. Ne' mari liberi e vasti, siffatto ritardo è meno considerevole, che ne' mari angusti ed imbarazzati; e si accresce viemmaggiormente ne' siti più lontani dalla zona torrida, i cui limiti non oltrepassandosi da' due mentovati luminari (§. 173), si fa sì, che ivi sieno i centri delle forze attrattive. Per cagion d'esempio, nell'isola di s. Elena, collocata nel mezzo dell'Oceano Atlantico, entro i limiti della zona torrida, il ritardo delle maree, ossia
la

la differenza tra l'ora di queste, e quella del passaggio della Luna al meridiano nel giorno della nuova Luna, è di 2 ore ed $\frac{1}{4}$. Al capo di Buona Speranza, ch'è fuori della Zona torrida, è di 2 ore, e $\frac{1}{2}$. Su di alcune coste occidentali della Francia, ove il mare è più libero, come sarebbe in quello di Guascogna, di Guienna, di Poltoul, ec., è di 3 ore; laddove poi andando più in su, ed inoltrandosi nella Manica, ossia nel Canal d'Inghilterra, si va mano mano accrescendo, inguisachè a s. Malò è di 6 ore; a Barneville di 7; all'Havre de Grace di 9; a Dieppe di 10 ore, e $\frac{1}{2}$; a Bologna di Piccardia di 11; a Calais di 11 e $\frac{1}{2}$; e finalmente a Dunkerque di 12 ore (1).

204. Or queste tali circostanze fanno chiaramente conoscere, che il mentovato ritardo dipende da cagioni particolari e secondarie, le quali vietano, che le acque marine ubbidiscano prontamente alla forza che le domina. Per esserne convinto appieno, val la pena di ricorrere alle dottissime opere di Eulero, Bernoulli, d'Alembert, ec., da cui manifestamente apparisce, che il ritardo in quistione procede in gran parte dall'*inerzia* delle acque, ossia da quella natural proprietà che hanno i fluidi di non prenderè immediatamente quella conformazione, ovvero quel cammino, a cui vengono determinati da forze esteriori; e quindi di continuare a muoversi nella direzione già loro impressa, anche dopo che le dette forze cessano di operare su di essi. Si aggiugne a ciò un certo grado di naturale aderenza, cui hanno tra loro le particelle dell'acqua; il fregamento, cui debbono soffrire durante il lor cammino; e i varj ostacoli de' continenti, de' golfi, degli stretti, ec., che debbon poi superare in quello. Tutte queste cose unite insieme fanno sì, che quantunque l'altra marea debba avvenire in cias-

cun

(1) Nel nostro golfo e nelle nostre lagune succede un effetto tutto diverso, poichè le acque si trovano nella sua maggiore altezza, o bassetta un'ora e mezza prima che la Luna arrivi al meridiano.

cun luogo qualor la Luna si sforza di sollevar le acque colla massima efficacia possibile, ossia quando ella è giunta al meridiano di quel tal luogo, nulladimeno non si manifesta che dopo alcune ore, corrispondentemente al numero, alla qualità, ed alla forza delle accennate cagioni, che tendono ad impedirla. In fatti col dare un'occhiata su d'un globo terrestre, si ravvisa di leggeri, che le acque del Mar Pacifico innalzate e spinte, anzi diciam così, trasportate dalla Luna dall'oriente verso l'occidente, incontrano prima l'ostacolo della nuova Zelanda, e nuova Olanda; in seguito quello del continente dell'Africa; indi passate nell'intervallo fraposto tra l'Africa e l'America, vengono sforzate ad alterare il loro corso per essere spinte in su da mezzogiorno verso settentrione; ed incontrano mano mano la costa di Spagna e di Francia, per internarsi in ultimo nello stretto di Calais. Ciò dee far sì, che il loro moto si andrà successivamente ritardando; e quindi che l'ora dell'alta marea seguirà ne' mentovati paesi successivamente più tardi secondochè si è da noi indicato nel paragrafo antecedente. Nulladimeno però vi sarà sempre una perfetta corrispondenza tra l'ora di cotale marea, ed il passaggio della Luna al di sopra del meridiano.

205. L'indicato successivo movimento delle acque del mare è così certo e manifesto, che ne' luoghi più angusti si è giunto per via di osservazioni a misurarne il cammino; inguisachè è già noto, per cagion d'esempio, che sulle coste di Francia scorrono esse lo spazio di 20 leghe nell'intervallo di un'ora; che nel tratto del Mar Rosso, cominciando da Moka fino a Suez, la marea richiede, nel giorno della nuova Luna, ben 14 ore per montar su: e siccome siffatto spazio ha la lunghezza di 333 leghe marine (ciascuna di 3 miglia italiane), ben si vede, ch'ella scorre 24 leghe nello spazio di un'ora.

206. L'argine poderoso, cui presentano alle acque i continenti, le isole, gli stretti, i golfi, ec., non solamente ritiene e ritarda il lor corso, come si è detto,

ma

ma cagiona altresì l'effetto di farle innalzare ad un'altezza considerabile. A s. Malò, per esempio, giungono la marea ad elevarsi fino all'altezza di 45 piedi, a cagion che le acque dell'Oceano Atlantico spinte vigorosamente verso la Manica, e non ritrovando quivi un libero passaggio, vengonsi ad accumulare in certo modo; e quindi rimbalzate in parte dalla costa d'Inghilterra, vengono dirette contro quella di s. Malò; ove arrestate, son costrette ad innalzarsi. Le grandi marea di Brest s'innalzano fino a 21 piedi: quelle delle coste di Olanda a 17 piedi, e $\frac{1}{2}$: quelle di Calais a 18 piedi, e $\frac{1}{2}$; laddove ne' mari più liberi, ove le acque non si possono accumulare, la loro altezza è di gran lunga minore; dimanierachè non ascende ella al di là di 6 piedi sulla costa meridionale dell'Africa; nè supera 3 piedi nell'isola Madagascar, in quella di s. Elena, nelle Filippine, nelle Molucche, ed in tutte quelle del Mar del Sud, tranne l'isola di Oteheite, ove giusta le osservazioni di Cook, non monta a più di un sol piede.

207. L'incontro delle marea nelle angustie testè mentovate suol cagionare d'ordinario delle grandissime alterazioni ed irregolarità nel loro movimento; il quale turbato ed accresciuto viemmaggiormente per virtù di banchi d'arena, di bassi fondi, od anche di venti impetuosi, rendesi furioso a segno, che producendo opposte poderose correnti, burrasche strepitose, tumultuoso innalzamento di acque, oppur vortici orrendi, non solamente riesce fatale a' miseri naviganti, ma minaccia strage e rovina alle coste adiacenti. Tal è appunto il caso del Canale d'Irlanda, coranto soggetto a' naufragi, per cagion dello scambievolmente incontro delle marea che vi s'internano dalla parte del Nord e del Sud nel tempo stesso; e così talvolta accade a un di presso nel Canal d'Inghilterra, ove la marea che scende dall'Oceano Germanico, e fassi strada per un'ampiezza di circa 80 leghe tra la costa della Scozia, e quella della Norvegia, va ad incontrare, non dirò solo lo Stretto di Calais;

non

non più largo di sette leghe, e perciò incapace di dare un libero passaggio a siffatte acque, ma eziandio la marea contraria, che procedendo in su dall'Oceano Atlantico, viene sforzata ad internarsi in opposta direzione nello stretto divisato. E' pur troppo dolorosa la rimembranza de' luttuosi guasti e delle orrende sciagure avvenute principalmente nell'Olanda in forza di maree straordinarie, avvalorate da furiosi venti e da altre accidentali cagioni. Quella che accadde nel 1568, fu così impetuosa e furibonda, ch'essendosi innalzata ad un'altezza straordinaria, ricoprì alcune isole della Zelanda, sommerse buona parte della costa di Olanda, ed allagò quasi tutta la Frisia, ingoiando 72 villaggi, colla morte di 20 mila persone. Nè furono meno violente e rovinose quelle che avvennero nel 1575, 1682, 1717, e 1741. E a chi mai sono ignoti gli orrendi oragani che dominar sogliono ogni anno nelle isole di America, in quelle dell'Oceano Indiano, ed in altri luoghi della Terra, ove l'enorme gagliardia delle onde facendo a gara coll'impeto de' venti, cagiona de' pericolosi naufragi; stermina boschi e campagne; abbatte con inudita ferocia e capanne e saldi edifizj, arrecando dappertutto la desolazione e la morte?

208. Essendo le acque del mare sforzate ad innalzarsi verso la Luna; e la cima dello sferoide acquoso potendosi riguardare come trasportato dall'oriente all'occidente seguendo il corso di quella (§. 200); chiaramente si comprende che l'intera curvatura delle acque medesime aver dee l'ampiezza di 180 gradi, prendendo il suo principio da' punti A e C, ossia dall'estremità del picciolo asse AC dell'indicato sferoide AIC; e quindi che non si può sperimentare l'effetto totale di siffatto innalzamento, salvochè ne' mari di grandissima estensione, ed in quelli particolarmente, i quali, a pari circostanze, sporgonsi dall'oriente verso l'occidente. Per questa ragione la marea è poco, o nulla sensibile ne' mari piccoli; in quelli che sono in certo modo separati
dall'

Tav. IV.
Fig. 1.

dall'Oceano a simiglianza del Mar Baltico, e dello Stretto del Sund; e ne' mari isolati, qual sarebbe il Mar Caspio, a meno che le acque non vi sieno innalzate da cagioni straniere, e secondarie annoverate già nel §. 207. Il Mar Mediterraneo riguardar si può come mare isolato per cagione dello Stretto di Gibilterra, la cui lunghezza essendo di circa 30 miglia, e l'ampiezza di sole dieci miglia e $\frac{1}{2}$, fra Tariffa e il Capo di Malabare, debbono le acque spinte dall'Oceano incontrare una grandissima difficoltà nell'internarsi, atta a por freno al loro regolar movimento. Quindi è che parecchi han dubitato, che non vi fossero quivi maree, e che il picciolo innalzamento delle acque procedesse unicamente dalla forza de' venti. Egli è però fuor di dubbio, che nel Mediterraneo vi sono delle maree regolari, comechè assai leggere, ed a mala pena discernibili dall'effetto de' venti; non oltrepassando esse in tempo di perfetta calma l'altezza d'un piede. Ciò non ostante però, le acque del Mediterraneo spinte entro il Golfo dell'Adriatico, e ritenute dalle coste di quello, vi producono delle maree bastantemente sensibili; cosicchè in Venezia giungono d'ordinario al di là di due piedi, ed in tempo delle sigizie fino a 3 e $\frac{1}{2}$; siccome nelle grandi burrasche si innalzano fino a 6. In tutto il tratto del Mediterraneo dominano moltissimo le correnti, di cui ve n'ha due principalissime. La prima è superficiale, e si fa lungo le coste di Barberia e di Egitto; si avvanza lungo le rive orientali dell'Adriatico, seguendo quelle di Venezia, della Romagna, ec., e scorrendo tre, o quattro miglia per giorno, procede quindi verso le coste del rimanente dell'Italia, lungo quelle della Francia e della Spagna, fino allo Stretto di Gibilterra. L'altra è sotterranea; essendosi rilevato in forza di esperimenti, che nell'atto stesso che le acque dell'Oceano s'internano per lo Stretto divisato nel Mar Mediterraneo, le acque di questo per via di una corrente inferiore, opposta alla prima, vanno a scaricarsi nell'Oceano di bel nuovo, siccome si è

osservato avvenire nello Stretto del Sund, e nel gran fiume delle Amazoni, che attraversa l'America meridionale, ove la marea rendesi sensibile fino alla distanza di 200 leghe dalla sua imboccatura. Coteste sono le vie, per cui le acque introdotte nel Mediterraneo, specialmente quando spirano i venti d'ouest e di sud-ouest, fanno poi strada fuori del medesimo.

209. Dalle cose fin qui esposte, a me sembra potersi comprendere in una maniera luminosa l'immediato e stretto rapporto fra le maree e le forze attrattive della Luna e del Sole, e quindi l'universale prodigioso dominio di cotesto immenso potere giusta le leggi da noi indicate. Chiunque fosse vago di averne una più ampia e più ragionata contezza, uopo è che si faccia a consultare il dottissimo Trattato del signor de la Lande, annesso al IV. Volume della sua *Astronomia*, non che le opere de' celebri autori già da noi mentovati (§. 196).

210. Soggiugneremo qui soltanto un'applicazione assai naturale de' principj dichiarati in questo Articolo, facendoci a riflettere che se il potere attrattivo del Sole e della Luna ha tanta influenza sulle acque del mare, che superando efficacemente, siccome abbiain veduto, l'enorme lor peso, genera in esse delle vaste e poderose correnti, atte ad agitare in mille guise le parti che le compongono; quanto maggiore riputar dovrassi l'influenza divisata sulla nostra atmosfera, la quale e per cagione della sua maggior vicinanza, e per la sua maggiore mobilità, e per la sua leggerezza di gran lunga superiore a quella dell'acqua, è assai più suscettibile di questa ad essere alterata e commossa! Che s'egli è così, sarà molto irragionevole l'opinione di coloro, i quali in forza d'un mal inteso principio recandosi a scorno di adottare nel nostro secolo un'antica, e com'essi dicono, rancida sentenza, prendono a beffe l'influenza della Luna su i venti, sulle tempeste, sulle piogge, e su tutte le meteore in generale, che hanno grandissima dipendenza dallo stato e da' cangliamenti varj dell'atmosfera.

fera. Tenghiamo dunque in bando la chimerica idea degli astrologi, i quali riguardano l'infusso lunare come una emanazione d'una materia, oppur di una virtù, atta ad operare *immediatamente* sul nostro corpo e sull'animo nostro; ma non abbiamo la menoma ripugnanza di tener per fermo, che producendo la Luna de' notabili cangiamenti nell'atmosfera mercè la sua forza attrattiva, è capace benanche d'influire sulla formazione, o modificazione delle meteore, e di cagionare delle alterazioni nel nostro individuo, su cui ha l'aria un deciso e notabile dominio. Se la ragione ce lo persuade, lo comprovano viemaggiormente le osservazioni, fra le quali meritano in primo luogo di esser consultate quelle del signor abate Toaldo, Professore insigne di Astronomia nella Università di Padova.

LEZIONE V.

Continuazione delle Leggi del Moto.

ARTICOLO I.

*Della seconda Legge del Moto; e quindi del Movimento
composto uniforme, ossia rettilineo.*

311. **L**a seconda legge del Moto, dipendente dalla inattività della materia, al par della prima, consiste in ciò, che qualunque movimento, oppur cambiamento di moto, è sempre proporzionale alla forza che lo produce; e si fa secondo la direzione in cui opera la forza stessa. Siffatta legge rendesi evidentissima qualor si rifletta, che non potendo la materia per ragione della sua Inerzia mettersi da se stessa in moto quando sia in quiete, nè ridursi allo stato di riposo quando sia in movimento; come neppure cagionare in quello alcuna sorta di alterazione; dee necessariamente seguirne, che qualunque moto e qualunque cambiamento del medesimo, che si produce in un corpo, dev'esser cagionato dall'impressione di una forza, il cui effetto uopo è che sia a quella proporzionale: e siccome la forza che produce un tal effetto, ossia movimento, opera secondo una data direzione; l'effetto quindi prodotto non può non seguire la direzione medesima. Per la qual cosa è chiaro, che ritrovandosi un corpo in moto; e venendo in tale stato percosso da un altro secondo la stessa direzione in cui egli esegue il suo movimento; dee questo per necessità essere accelerato: siccome d'altra parte verrà a soffrire del ritardo, e talvolta si ridurrà anche alla quiete, qualora la direzione

ne del corpo che urta, è opposta a quella in cui il primo corpo si muove. Nel primo caso le forze diconsi *cospiranti*, e nel secondo *opposte* (1).

Fig. 1.
Fig. 2.

212. Può avvenire però, che coteste forze non sieno nè direttamente cospiranti, nè direttamente opposte, dimodochè un corpo movendosi giusta una data direzione, venga urtato da un altro obbliquamente; qual sarebbe, per esempio, la palla A che, nell'atto che si muove per AB, ricevesse un urto secondo la direzione AC. In tal caso forz'è che la direzione AB venga alterata: e poichè una tale alterazione, in virtù dell'accennata legge (§. 211), esser dee sempre proporzionale alla cagione che la produce; ne seguirà che la palla A sarà deviata dalla direzione AB per una quantità di spazio, proporzionale all'impressione della forza che opera nella direzione AC. Che però una tal direzione dovrà necessariamente ritrovarsi nel mezzo tra AB ed AC: e non v'ha cosa più agevole quanto il determinarla. Imperciocchè riguardando la retta AB come la velocità con cui la palla A moveasi nella direzione AB prima dell'urto; e considerando la retta AC come la velocità originata nella stessa palla dalla forza impressa nella direzione AC (di maniera che le lunghezze di queste due rette sieno tra esse come l'intensità delle anzidette due forze); se si compisca il parallelogrammo

ABDC

(1) Per meglio intendere questa teoria, sarà ben ricordar qui tutte unite le seguenti fondamentali nozioni, le quali per altro si trovano sparse in varj luoghi di questa opera: 1°. se due forze eguali agiscono sopra un corpo con direzioni opposte, il mobile resta fermo in quel luogo nel quale si trova: 2°. se due forze eguali agiscono sopra un mobile in direzioni opposte, esso si muoverà nella direzione della forza prevalente colla differenza delle forze, vale a dire, con quella forza che la maggiore supera la minore, per esempio, se un cocchio resiste come 4, e la forza che lo muove, è come 6, esso non si muoverà che come 2: 3°. quindi in questo senso la resistenza d'un corpo, cioè, la reazione è sempre eguale all'azione.

ABDC a norma di questi due lati ch' esprimono la direzione e il rapporto delle due forze; la sua diagonale AD esprimerà la direzione, cui la palla seguirà dopo la percossa. Questo moto per la diagonale, cagionato da due, o più forze, dicesi *Moto composto*, a differenza di quello che si cagiona da una forza sola, e che perciò si denomina *Moto semplice* (1).

DA BA N

213

(1) Esaminandosi con qualche attenzione la dimostrazione di questo teorema, che noi abbiamo già data nel lemma del §. 142, si troverà che non è rigorosa, benchè a portata dei principianti; poichè in essa si suppone che le forze delle potenze che agiscono secondo le direzioni AB, AC non affatto opposte fra loro, perdano una parte delle loro forze per quella quantità per cui sono contrarie per gener l'azione uguale alla reazione, e che quindi le forze residue restino sempre nella ragione di AB : AC, esistenti dintorno al medesimo diametro. Vuolsi ancora avvertire che dove l'Autore dice *dovrà necessariamente trovarsi nel mezzo*, non si deve intendere che la direzione del corpo sia in ogni caso precisamente in mezzo fra AB, AC, come in seguito lo avverte egli stesso, poichè la diagonale d'un parallelogrammo non divide sempre egualmente gli angoli per metà, quando non fosse quadrato; ma vuol significare che deve sempre essere intermedia.

Cor. I. Dunque la diagonale d'un parallelogrammo è descritta nel medesimo tempo in cui sono descritti i lati AB, AC separatamente.

Cor. II. Potendosi sopra una data tetta sempre costruir un parallelogrammo, ne segue che ogni moto rettilineo espresso con una data linea si può decomporre in molti altri moti rettilinei più semplici.

Cor. III. Essendo la diagonale AD d'un parallelogrammo; BC sempre minore (prop. 26, l. 2) dei due lati AB, BD, ovvero AB, AC (poichè $BD \leq AC$, prop. 34, l. 1) ch' esprimono le forze componenti; ne segue che la forza composta espressa per AD è sempre minore delle forze componenti AB, AC; ma che per altro, essendo la diagonale l'effetto delle forze componenti, perchè da esse risulta, si potrà sostituire la diagonale in luogo delle forze componenti, in quanto all'effetto, giacchè l'effetto è sempre proporzionale alla causa, dalla quale risulta.

Cor. IV. E' dunque manifesto dalle cose dette, che nell'azione delle forze componenti AB, AC sopra il corpo A si debbono interamen-

te

213. Per comprendere più agevolmente una tal verità, dividiamo un po' coll'immaginazione la velocità AB nelle sue parti componenti AE , EF , FB ; ripartendo similmente la velocità AC in AI , IK , KC . Se la

pal-

te distruggere quelle forze che sono fra loro opposte (giacchè si è avvertito che le dette forze AB , AC sono in parte opposte fra loro), onde abbia il mobile a scorrere la diagonale colla somma delle forze conspiranti, cioè, colle forze residue.

Scolio I. Per vedere intuitivamente la verità di questo corollario, sopra i lati AC , AB del parallelogrammo $CABD$ si costruiscano due parallelogrammi rettangoli $HAEC$, $AIBF$. Pel cor. III, la forza AB si decompone nelle due $AI + AF$, che in quanto all'effetto, sono perfettamente uguali ad AB , come pure CA è uguale ad $AH + AE$, in quanto all'effetto. Ora nei due triangoli AEC , BFD il lato $AC = BD$ (prop. 34, l. 1), cioè, perchè sono lati opposti del parallelogrammo $CABD$; l'angolo $AEC = BFD$ perchè retti; l'angolo $CAE = BDF$ (prop. 34, l. 1); dunque il triangolo AEC è uguale al triangolo BFD (prop. 4, l. 1), e perciò $BF = CE = AH = AI$; ma AI ed AH , oltre ad essere uguali, esprimono le forze opposte delle forze AB , AC ; dunque queste forze si distruggono, e restano solamente le due AF , AE conspiranti. Ora si ha dalle cose dette $AE = FD$; dunque sarà $AF + AE = AD$, cioè, la somma delle forze conspiranti uguale alla diagonale, ovvero, alla forza che ne risulta dalle due componenti. Quindi è facile il comprendere che le forze componenti AC , AB che agiscono sotto un angolo qualunque, non sono nè affatto conspiranti, nè affatto opposte.

Cor. V. Quindi se AB fosse per diritto con AC , queste forze sarebbero affatto opposte; ed il mobile si muoverebbe nella direzione della forza prevalente con la differenza delle forze, se fossero disuguali, come si è detto di sopra; e se AC cadesse sopra AB , queste forze sarebbero affatto conspiranti, ed il mobile si muoverebbe con la somma di queste forze.

Tav. II, Fig. 4. Cor. VI. Dunque se l'angolo ABD è ottuso, BD è meno lontana dalla retta AB prolungata, di quello che lo sia BC ; quindi le forze AB , BD contengono maggior quantità di forze opposte, che ne contengano AB , BC ; e perciò la diagonale BG del parallelogrammo ABD è minore della diagonale BF del parallelogrammo ABC ; come tutto all'opposto succede quando l'angolo DAG è acuto, poichè in tal caso AG più si avvicina ad AD di quello che si avvicina AB allo stesso AD , e quindi AD , AG contengono maggior quantità di forze

palla A si fosse mossa con moto semplice, ossia *unicamente* per virtù della forza che la spingeva per la direzione AB; nel primo momento di tempo si sarebbe ritrovata in E, nel secondo in F, nel terzo in B; nella guisa medesima, che spinta da una semplice forza secondo la direzione AC, nel primo momento sarebbe passata in I, nel secondo in K, nel terzo in C. Ma siccome nel caso nostro la palla A viene spinta da coteste due forze nel tempo stesso; e non potendo, diciam così, interamente ubbidire all'una ed all'altra, ritrovar si dee nel loro mezzo; uopo è che nel primo momento passi in H, ch'è il punto in cui le forze AI, AE, ossia EH, IH, vanno a concorrere. Per la stessa ragione passerà ella in G nel secondo momento, e in D nel terzo. Or chi non vede, che tutte queste direzioni AH, HG, GD, compongono la diagonale AD.

214. La miglior maniera però di far concepire la legge di cui si ragiona, a me sembra esser quella di supporre che una mosca, per modo d'esempio, nell'atto che cammina d'alto in basso su d'un regolo AC con moto uniforme, il regolo stesso venga trasportato orizzontalmente da A in B; e che la mosca impieghi esattamente tanto tempo per passare da A in C, quanto ne

Tav. 1.
Fig. 2.

N 4

im-

cospiranti, e perciò AH è maggiore di AC; onde in generale quanto più l'angolo è ottuso, tanto è minore la diagonale, e quanto più l'angolo è acuto, tanto è maggiore la diagonale.

Scolio II. Quantunque la diagonale diventi minore secondo che l'angolo delle direzioni delle forze date è più ottuso, e diventi maggiore secondo che l'angolo delle direzioni delle forze date è più acuto; nulla di meno non si può dire che la diagonale sia in ragion inversa dell'angolo ottuso, od acuto, poichè i lati non sono nella ragion degli angoli opposti, ma nella ragione dei seni degli angoli opposti, come si dimostra in trigonometria; onde la diagonale BG sarà come il seno dell'angolo BDG, ch'è il seno del complemento a due retti, essendo $ABD + BDG = 180^\circ$. (prop. 17, L. 1). Così pure AH sia come il seno dell'angolo AGH, ovvero, dell'angolo DAG suo complemento a due retti.

Tav. 11.
Fig. 4.

Tav. 11.
Fig. 1.

impiega il regolo per scorrere su tutt' i punti esistenti tra A e B. Or egli è evidente che se nel primo intervallo di tempo in cui la mosca ritrovar deesi in I, il regolo venga trasportato in E; la mosca passerà dee in H. Nell'intervallo seguente, in cui la mosca è in K, e il regolo si fa passare in F, la mosca si troverà in G. Finalmente essendo il regolo trasportato in B nell'atto stesso che la mosca perviene a C; dovrà questa necessariamente trasferirsi in D. Il qual raziocinio potendosi fare ugualmente per tutt' i punti compresi tra A H, H G, e G D; fa chiaramente conoscere la verità della dichiarata proposizione.

TAV. II.
Fig. 1.

215. Nè questa è cosa che si rileva dalla semplice teoria; perciocchè vien manifestamente confermata col mezzo di sperimenti. Di fatti la supposizione della mosca testè rapportata scorgesi ridotta in pratica mercè della macchina rappresentata dalla Fig. 1. Il peso A, il cui filo passando sulla carrucola mobile G, è legato coll' altro capo alla cavicchia R; nell'atto ch' è tirato da N verso M mercè della corda Q, alla cui estremità è attaccata la detta carrucola G, vien conseguentemente tirato in su da P verso N. Per la qual cosa essendo MN parallela ad OP, si vedrà il mobile A percorrere la diagonale PM, come se fosse spinto nel tempo stesso secondo le direzioni PO e PN.

TAV. II.
Fig. 2.

216. Lo stesso scorgesi avvenire qualora si fa uso della specie di Trucco rappresentato dalla Fig. 2. Se la palla A è percossa dal maglietto B secondo la direzione BA, verrà spinta direttamente verso D; nella guisa appunto che urtata dal maglietto C nella direzione CA, prenderà il cammino per AE. Ma se queste due potenze facciansi operare unitamente nel tempo stesso, talchè vadano a percuoter la palla con ugual forza in ambedue le accennate direzioni; il mobile A lungi dall'incamminarsi per AD, ovvero per AE, si vedrà correre per AF, ch' è la diagonale del parallelogrammo ADGE, i cui lati vengono rappresentati dall' intensità e dalle

le direzioni AD, AE, delle due accennate potenze.

217. E quand'anche non si avessero macchine per tal uopo, potremmo restar convinti di ciò in virtù di un meccanismo assai triviale. Prendete un nocciolo di ciregia, che non sia del tutto inaridito; e messolo tra l'estremità del dito pollice e dell'indice, premetelo con qualche forza per ispignerlo fuori. Sapete benissimo cosa ne siegue. Premuto egli da uno delle dita verso di un lato, e dall'altro verso la parte opposta, scapperà per una linea, la quale scostandosi dalle direzioni, a cui le pressioni delle dita separatamente considerate si sforzavano a determinarlo, si ritroverà nel mezzo di ambedue: e siffatta linea sarebbe retta qualora il nocciolo non fosse sollecitato di continuo a cader giù dalla forza di Gravità.

218. Un battello, che tirato ugualmente da due funi verso le opposte rive di un fiume nel tempo stesso, si avvanza a dirittura pel mezzo del fiume medesimo, ci somministra una prova evidentissima del noto composto, eseguito giusta la dichiarata legge. Lo stesso dir si dee di una nave, la quale facendo *rotta*, supponiamo, dall'est all'ouest, nell'atto che la corrente la spigne dal sud verso il nord, trovasi trasportata realmente verso il nord-ouest per cagion della *deriva*; e propriamente verso di un punto, più, o meno distante dall'uno, che dall'altro degli indicati punti cardinali, a misura che la velocità della nave è maggiore, o minore di quella della corrente, come or ora si farà avvertire. Sicchè la vera *rotta* ch'ella descrive, è la diagonale del rettangolo, due de' cui lati vengono rappresentati dalle direzioni e dall'intensità delle forze anzidette.

219. Comechè siasi avanzato di sopra, che la diagonale, che il mobile descrive in virtù del moto composto, ritrovar si dee nel mezzo delle direzioni delle due forze che lo spingono, tuttavolta però ciò non vuol si intendere a rigore, se non quando le due forze imprì-

tutto cospiranti; cioè a dire, che concorrono ad operar tutt' e due nella medesima direzione.

Tav. II.
Fig. 4.

223. Così d'altra parte la Fig. 4 ci fa vedere, che a misura che gli angoli di direzione ABC , ABD , ABE , si vanno aumentando, le rispettive diagonali BF , BG , BH , si rendono più brevi; inguisachè se l'angolo ABE si aprisse di tanto, che le direzioni AB , EB , delle due potenze formassero una sola linea retta; spignendo esse il mobile B in direzioni del tutto opposte nel tempo stesso, resterebbe quello in riposo, se le forze fossero uguali; oppur si moverebbe coll' eccesso soltanto dell' una sopra dell' altra, nel caso di disuguaglianza; talchè la velocità acquistata dal mobile sarebbe uguale alla loro differenza. Dal che ne siegue che la menoma celerità, ossia il menomo effetto, che due potenze combinate cagionar possono in un mobile, si ha quando esse sono direttamente opposte, ossia che concorrono ad operare in direzioni del tutto contrarie.

Tav. II.
Fig. 6.

224. Dalle cose fin qui dette si rilevano generalmente due utilissimi metodi pratici per lo scioglimento di alcuni problemi. Il primo di siffatti metodi consiste nel determinare l'effetto che due forze combinate debbono produrre su di un mobile, ossia la direzione e la velocità con cui esso verrà spinto dopo la percossa, qualora sieno date le loro rispettive velocità e l'angolo della loro direzione. Date, per esempio, le velocità AB , AC delle due potenze, e il loro angolo di direzione CAB ; per determinare la diagonale, che siccome abbiám detto (§. 221), esprimer dee la direzione e la velocità del moto composto di A , non si ha a far altro, che compiere il parallelogrammo $ABDC$; il quale si fa facilmente quando si abbiano due lati AB , AC , e l'angolo CAB fra essi compreso. Imperciocchè la diagonale di esso esprimerà quella che si richiede.

225. Il secondo metodo è quello di determinare la direzione e la velocità impressa da una delle potenze, qualora sia già nota non solamente l'altra, ma eziandio l'ef-

l'effetto prodotto da ambedue sul mobile. Suppongasì esser già nota la diagonale AD corsa dal mobile A con moto composto; e si abbia per conosciuta eziandio la direzione e la velocità BA della potenza B : se dal punto D si tiri DC parallela ed uguale ad AB , e quindi si uniscano i punti A e C ; B e D , col mezzo delle rette AC , BD ; è manifesto che la retta AC esprimerà la direzione e la velocità della potenza richiesta.

226. Stabilite siffatte cose, sarà ben fatto di procedere un poco più oltre, affin di dedurre delle altre nozioni dall'esame di quelle che si son già rapportate.

ARTICOLO II.

Della Risoluzione del Moto.

227. **L**a diagonale AD , che abbiám veduto esser l'effetto delle potenze B e C , operanti colle velocità, e nelle direzioni AB ed AC può riguardarsi ugualmente come prodotta dalle potenze E , F , le quali abbiano percorso il mobile A colle velocità, e nelle direzioni di AE , AF . Potrebbeasi dimostrare nella guisa medesima che la stessa diagonale AD potrebbe appartenere ad altri parallelogrammi che si potrebbero descrivere nella citata figura. Da ciò dunque evidentemente si scorge, che un mobile qualunque, a simiglianza del mobile A nel caso proposto, può essere obbligato a scorrere lo stesso sentiere colla medesima velocità, da diverse potenze, le quali abbiano velocità e direzioni differenti. Nè questo è tutto; perciocchè rendesi manifesto benanche, che varie paia di forze oprar possono tutt'insieme nel tempo stesso, per obbligare il mobile A a descrivere la diagonale AD . Ed infatti siccome AD è l'effetto di AB ed AC ; AB potrebbe esser l'effetto di AM ed AS ; e ciascheduna di queste l'effetto di altre. Per la qual cosa potendo il mobile A essere spinto per la diagonale AD , o da una semplice forza che operi su di esso secondo

do una tal direzione, o per la forza combinata di AB ed AC , oppur di AE ed AF : così parimente potendo la percossa nella direzione di BA venir cagionata da una semplice forza B , oppur dalle due AM ed AS insieme combinate; non si durerà fatica a persuadersi che ogni semplice movimento riguardar si può francamente, quando l'uopo il richiede, come cagionato da due, o più forze unite insieme. Il considerarlo in tal guisa si denomina comunemente *Risoluzione di moto*. Quanto ciò riesca vantaggioso in Meccanica, ci verrà in acconcio di osservarlo a suo luogo. Ne faremo qui uso fra di tanto per dimostrare il seguente teorema, ch'è il fondamento di tutta la Meccanica del sig. Varignon, e di cui si è molto servito Borelli nel valutare le forze de' muscoli; siccome legger si può nel suo aureo Trattato sul *Moto degli Animali*.

228. Se un corpo qualunque venga spinto nel tempo stesso da tre forze omogenee, le cui direzioni sieno tutte nel medesimo piano, talchè non ubbidendo egli a veruna di esse, si mantenga in equilibrio; coteste tre forze saranno scambievolmente come i tre lati di un triangolo, i quali sieno paralleli alle anzidette linee di lor direzione. Suppongasi perciò, che le direzioni delle tre forze B , C , D , da cui viene spinto il corpo A , vengano rappresentate dalle tre rette AB , AC , AD : prolungate le rette BA , CA , verso F e verso E , si compisca il parallelogrammo $AFDE$. E' chiaro da ciò che si è detto antecedentemente (§. 227), che la forza AD è equivalente alle due AE ed AF , potendosi quella risolvere in queste. Che però sostituendo ad AD le sue equivalenti AE ed AF ; tutt'e quattro le forze B , C , F , E , proseguiranno ad essere in equilibrio come prima. Segno è dunque, che AF è uguale alla sua opposta AB , non altrimenti che AE è uguale ad AC . E poichè AE si uguaglia a DF ; sostituendo questa a quella, saranno le due forze AF , FD , uguali alle due opposte B , C . Per conseguenza le mentovate tre forze B , C , D ,

Tav. II.
Fig. 5.

C, D, saranno tra esse come le rette AF, DF, AD; le quali ognun vede, che formano un triangolo, i cui lati sono paralleli alle linee di direzione delle forze divise (1).

229. E' agevole il dedurre da ciò, che qualunque numero di forze, le quali operando nel medesimo piano contro di un punto, si mantengono in equilibrio, si può ridurre all'azione di tre, od anche di due tra se uguali, ed opposte. Come in fatti le quattro forze B, C, F, E, della citata figura, ridur si possono alle tre B, C, D; a cui si ridurrebbero benanche se non meno B, che C, fossero risolte nelle loro equivalenti (§. 227). Inoltre, siccome componendo le due forze E, ed F, si riducono alla sola D, così componendo B e C, ridur si potrebbero ad un'altra uguale, ed opposta a D, cioè a dire ad X. La qual cosa praticar si può ugualmente nel caso, che non tutte le forze esistessero nel medesimo piano, potendosi quelle ridurre benanche ad un piano solo.

Tav. II.
Fig. 5.

A R.

(1) Corollario. Per la trigonometria abbiamo $AD : AF (= AB)$ come il seno dell'angolo F, ovvero del suo complemento a due retti EAF, al seno dell'angolo DAE = ADF; come pure si ha $AD : DF (= AE = AC)$ come il seno dell'angolo EAF al seno dell'angolo DAF = EDA; dunque se tre forze DA, CA, BA staranno in equilibrio intorno ad un punto, starà la diagonale, cioè, la forza equivalente ad una delle forze componenti, come il seno dell'angolo fatto dalle direzioni delle due forze componenti al seno dell'angolo fatto dalla direzione dell'equivalente e dalla direzione della stessa forza componente.

ARTICOLO III.

*Del Moto composto variabile, ossia curvilineo
in generale.*

230. **T**utte le dottrine sin qui rapportate intorno al Moto composto, sono state fondate sulla supposizione del rapporto costante delle forze combinate; cioè a dire sul supposto, che le medesime non cangiassero nè la direzione, nè l'intensità, almeno relativamente l'una all'altra, durante il tempo della loro operazione sul mobile. Ciò però non succede in natura così frequentemente: egli è più comune ed ordinario il ritrovar delle potenze, i cui rapporti d'intensità e di direzione si vanno alterando di mano in mano. In tal caso ognun vede che quantunque il mobile messo in azione da coteste forze, descriva la diagonale di un picciolissimo parallelogrammo (1) in ciascun tempo infinitamente picciolo, tuttavia però tutte siffatte diagonali insieme unite vengono a co-

(1) Per rilevare la verità di questa asserzione, devesi considerare che ogni moto curvilineo prodotto in un istante indivisibile di tempo si può riguardar senza errore assegnabile come moto rettilineo uniforme. Infatti in un istante indivisibile di tempo come può concepirsi cambiamento di direzione e di velocità? Se si volesse ammettere cambiamento di direzione e di velocità, bisognerebbe anche ammettere cambiamento di tempo, cioè, il moto non sarebbe prodotto in un istante indivisibile, il ch'è contro l'ipotesi; quindi non v'ha luogo ad alcuna ineguaglianza e a verun cambiamento di direzione, e perciò il moto senza errore assegnabile si può riguardar come rettilineo uniforme; essendo poi il moto curvilineo sempre prodotto da due forze, ne segue che in un istante indivisibile di tempo quello spazietto curvilineo si possa riguardare come la diagonale di un picciolissimo parallelogrammo; dunque tutte le formole che convengono al moto rettilineo equabile, si possono senza errore applicare ad ogni moto curvilineo, purchè questo si consideri prodotto in un istante indivisibile di tempo, il che ha un uso continuo nella scienza del moto.

a costituire una curva (2), nella guisa appunto che abbiamo detto accadere in virtù delle forze centrali, e siccome farem vedere di bel nuovo qualor passeremo a ragionare sul moto de' proietti. Per rimaner convinto di ciò, basterà istituire gli sperimenti che qui sieguono.

231. Si lasci liberamente cadere la palla A dall'alto della curvatura scannellata AB. Poichè ella scendendo acquista una velocità da potere scappar fuori nella direzione B3, ch'è tangente al punto B della curva suddetta (§. 135); se fosse priva interamente di gravità, non lascerebbe di scorrere effettivamente la detta linea: ma siccome il suo peso la tira costantemente verso giù nella direzione B5; qualora questo sforzo di gravità avesse sempre il medesimo rapporto con quello della proiezione B3; cioè a dire, qualora fosse uguale a quello in tempi uguali, la palla A ricevendo due impulsi nel tempo stesso, uno per B3, e l'altro per B5, andrebbe a scorrere la diagonale BE, a tenor della legge del Moto composto già dichiarata. Ma poichè l'effetto della gravità si accresce in ogn'istante, e quello della proiezione rimane lo stesso; ne avverrà, che se nel primo istante la forza di proiezione essendo uguale a B1, e quella di gravità uguale a BF, la palla giugnerà in C; nel secondo istante si troverà in D, e nel terzo in E. Imperciocchè l'acceleramento della gravità, FG, nel secondo istante è maggiore di BF, qual era nel primo; non altrimenti che l'acceleramento GH del terzo istante è maggiore sì di BF, che di FG. Per la qual cosa si vedrà la palla descrivere la curva BCDE, formata dalle diagonali BC, CD, DE, insieme prese; ossia per par-

Tav. II.
Fig. 6.

(1) Operi la forza centrale, diretta al punto R, in ognuno di questi istanti indivisibili di tempo: allora nelle diagonali piccolissime BD, DF i punti B, D, F saranno tanto fra di loro vicini, quanto mai potranno essere; quindi queste tali diagonali saranno il limite dei triangoli rettilinei BDR, DRF, e perciò saranno evanescenti, cioè, formeranno una porzione di curva.

Tav. II.
Fig. 7.

parlare con maggior precisione, dalle diagonali infinitamente piccole, che si possono supporre frapposte tra B e C, tra C e D, tra D ed E.

Tav. 17.
Fig. 7.

232. Ecco un altro bellissimo sperimento in compruova di una tal verità. AB è un picciolo carretto, che porta nel suo mezzo il bussolino C , con entro una picciola palla d'avorio. Questo bussolino è costruito in modo, che facendo scattare la molla M , ch'è al disotto del carro, si fa saltar sulla palla d'avorio nella direzione verticale CD . Caricato che sia l'ordigno esistente in B ; ed inceppate che sieno le ruote A , B , ec., pongasi il carro su di un piano perfettamente levigato e messo a livello. Se in tale stato di cose si ponga quello in libertà con isbrigare le divise ruote, incomincerà a correr da se sul piano anzidetto; e qualora sarà nel mezzo del suo cammino, scattando con impeto la molla M , che prima era montata, farà sbalzar la pallina d'avorio fuori del bacinetto C ; la quale descrivendo nell'aria la curva $Cdris$, andrà a raggiugnere il carretto in ab , e cadrà nel bacinetto C , da cui è stata lanciata. Esaminiam questo fatto, e saremo convinti dalla teoria cui vogliamo stabilire. Se nell'atto che la pallina è balzata fuori di C , il carretto fosse in quiete, ella monterebbe su verticalmente verso D ; ma poichè nel tempo stesso ch'è spinto dalla molla verso D , il carretto sta avanzando da C verso E ; un tal moto progressivo si comunica anche alla palla. Che però spinta ella verso CD , e verso CE nel punto medesimo, dovrebbe descrivere la diagonale CF giusta la legge del Moto composto di sopra dichiarata; ma poichè cominciando ella a scorrere siffatta diagonale nell'atto che si trova, per esempio, in d , vien tratta giù dal suo peso nella direzione de ; passerà ella per virtù di queste due forze (supponendo quella di proiezione uguale a df) a descriver la diagonale dr . Perseverando ella nel secondo istante a muoversi verso b (§. 135); ma l'impulso della gravità tirandola da r verso g , l'obbligherà a dirigere il suo corso per ri ; e quin-

quindi per la stessa ragione nel terzo istante scorrerà *is*: talchè tutte coeste direzioni prese insieme costituiranno la curva *Cdris*, siccome col fatto si è osservato.

233. La ragione poi, per cui la pallina dee ricadere nel bacino, da cui è uscita, si è, che il moto orizzontale del carro essendó uniforme, nè alterandosi nella palla quantunqúe si cambi la sua direzione; si mantiene costante in tutto il tratto di tempo, che la pallina va descrivendo nell'aria la detta curva. D'altra parte abbiamo altrove osservato (§. 221), che un mobile, il quale venga spinto con moto composto per la diagonale di un parallelogrammo, impiega nel descriverla lo stesso spazio di tempo esattamente, che impiegherebbe in iscorrere con moto semplice uno de' lati di quello. Per la qual cosa essendo il moto orizzontale lo stessissimo sì nel carro, che nella palla; nell'istante che questa giungerà in *d* per virtù delle due forze combinate, il bacinetto *C* si troverà in *m*: la palla passando in *r*, il bacinetto dovrà trovarsi in *n*; quindi in *o* quando la palla sarà giunta ad *i*; e finalmente in *s*, allorchè la palla vi cadrà al di dentro. Vuolsi qui avvertire però, che il mentovato piano non essendo perfettamente levigato, o non messo bene a livello, il carretto potrebbe accelerare, o ritardare il suo cammino, oppur deviare in qualche modo da quello; e quindi potrebbe mancare lo sperimento, siccome talvolta succede.

234. Lo sperimento, di cui si è finora ragionato, fu eseguito in grande dalla famosa Accademia del Cimento. Adattato un piccol pezzo d'artiglieria in una posizione esattamente verticale al disopra di un gran carro, e caricatolo più volte colla medesima quantità di polvere; la palla spinta fuori di quello nell'atto dell'esplosione, ricadde sempre verso la bocca del cannone, qualora il carro faceasi restare in riposo. Attaccati poscia al medesimo carro sei cavalli; e messo fuoco al pezzo d'artiglieria nell'atto ch'era quello tratto velocemente innan-

innanzi; la palla suddetta seguita per l'aria il moto del carro, descrivendo l'attennata curva; talmentechè dopo di aver quello corso lo spazio di 64 braccia, la palla andò a cadere in distanza di sole 4 braccia dalla bocca del cannone: il qual risultato si ebbe similmente a un di presso coll'aver fatto uso di palle di piombo lanciate per forza di balestre. La differenza di 4 braccia attribuir si dee alla varietà del moto del carro, alla resistenza dell'aria, o ad altre circostanze di tal natura, siccome si è avvertito dianzi (§. 233); giacchè tutte le dottrine fin qui dichiarate intorno al Moto, suppongono che i corpi operino liberamente, senza che incontrino giammai la menoma resistenza. Questi fatti aprono la strada alla spiegazione di un gran numero d'altri fenomeni, che si possono tutti ridurre allo stesso principio.

ARTICOLO IV.

Della terza Legge del Moto.

235. La terza ed ultima Legge del Moto, che dall'*Inerzia* dipende, si è, che *l'azione è sempre uguale e contraria alla reazione*; che val quanto dire, che qualora un corpo fa uno sforzo su di un altro affin di rimuoverlo dal suo stato di quiete, oppur di movimento, quest'ultimo si sforza ugualmente di resistergli per la parte contraria; dimodochè lo sforzo del primo viene interamente distrutto dallo sforzo contrario del secondo; e questo non si mette in moto, se non se in virtù dell'eccesso della forza, che rimane al primo corpo che agisce, dopo di aver superata la resistenza dell'altro. Siccome i giovani principianti sogliono durar fatica a comprender pienamente una tal verità, immaginandosi, ch'essendo l'azione sempre uguale e contraria alla reazione, non dovrebbe seguirne giammai veruno effetto, attesochè le forze uguali e contrarie distruggonsi a vicenda; m'ingegnerò di porla brevemente in chiaro nel miglior modo possibile.

236. Per far ciò basterà il badar seriamente, che per nome di *azione* non vuolsi intender tutta la forza che un corpo possiede quando opera, ma bensì quella porzione di forza, ch'esso impiega per superar la resistenza dell'altro. Questa, e non quella, dicesi uguale alla riazione nella Legge testè mentovata. Un cavallo, per esempio, che avendo 30 gradi di forza, è impegnato a tirare una vettura che resiste come 20, non impiega tutta la sua forza per superare una tal resistenza; v'impiega bensì l'azione di 20 gradi, che si uguaglia alla resistenza medesima, da cui conseguentemente la detta azione viene affatto distrutta: e se malgrado questa perdita, egli tira la carrozza, ciò siegue in virtù de' 10 gradi di forza, che gli sopravanzano per arrivare a 30, siccome abbiám supposto. Dal che manifestamente si scorge, che la forza è soltanto proporzionata alla resistenza, ma non uguale a quella, siccome di fatti è l'azione.

237. La Legge di cui si ragiona, si è rilevata da un infinito numero di osservazioni e di sperimenti; e si avvera non solamente nelle scambievoli attrazioni de' corpi, ma eziandio negli urti che gli uni ricevono dagli altri. Per ciò che riguarda le attrazioni scambievoli, è cosa agevolissima il restar convinto, che l'azione è sempre uguale e contraria alla riazione. Come in fatti se tenendo sospesi a due fili un pezzo di calamita, ed un pezzo di ferro di egual peso, e a tal distanza l'un dall'altro, che l'attività della calamita si possa estendere fino a quella; tostochè ambidue si lasceranno in libertà, si accosteranno a vicenda in direzioni contrarie, correndo ciascheduno spazi uguali: la qual cosa indica, che l'azione, ossia la quantità di moto nell'uno è uguale alla riazione, ossia alla quantità di moto nell'altro; essendo le quantità di moto come i prodotti delle loro masse e velocità (§. 111), che abbiám detto essere uguali. Che se il peso della calamita fosse a quello del ferro come 2 ad 1; in tal caso affinché le quantità di
mo.

moto, ossia l'azione e riazione, fossero uguali, bisognerebbe che le loro velocità fossero in ragion reciproca delle loro masse (§. 113); cioè a dire, che la velocità della calamita, che pesa come 3, fosse come 1; e quella del ferro, che pesa come 1, fosse come 3. Così di fatti addivviene. Imperciocchè tenendoli sospesi a fili nel modo anzidetto, qualora saranno lasciati in libertà, si accosteranno a vicenda; ma con legge tale, che se la distanza fra essi compresa sia di quattro pollici, la calamita ne correrà uno, e il ferro tre.

238. Per dimostrare poi, che siffatta legge si verifica ugualmente nell'urto de' corpi, uopo è rapportare qui le Leggi della Dinamica, le quali per altro dall'uguaglianza e contrarietà dell'azione e riazione, immediatamente dipendono.

Fine del Tomo primo.

607117

SBN

NOI

NOI RIFORMATORI

DELLO STUDIO DI PADOVA

A vendo veduto per la Fede di Revisione ed Approvazione del P. F. Gio: Tommaso Mascheroni Inquisitor generale del santo Offizio di *Venezia*, nel libro intitolato: *Elementi di Fisica sperimentale del P. P. Giuseppe Saverio Poli, con illustrazioni dell'ab. Antonio Fabris, dell'ab. Antonio Collalto, e di Vincenzo Dandolo, Stampa e MS.* non vi esser cosa alcuna contro la santa Fede Cattolica, e parimente per attestato del Segretario nostro, niente contro Principi e buoni Costumi, concediamo licenza ad *Antonio Fortunato Stella* stampator di *Venezia*, che possa essere stampato, osservando gli ordini in materia di stampe, e presentando le solite copie alle pubbliche librerie di *Venezia* e di *Padova*.

Data li 24 maggio 1793.

(GIACOMO NANI R. RIF,

(PIERO ZEN RIF.

(FRANCESCO PESARO R. PR. RIF.

Registrato in libro a carte 240. al n. 8.

Marcantonio Sanfermo Segr.

Li 3 giugno 1793.

Registrato a c. 178 nel libro esistente nel Magistrato degl' Illustriss. ed Eccellentiss. Sig. Esecutori contro la Bestemmia.

Giannantonio M. Costali Nod.





Stelle fixe

TAVOLA III.

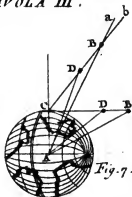


Fig. 7.



Fig. 5.

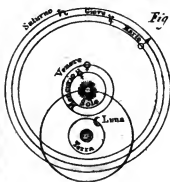
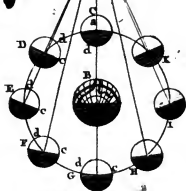


Fig. 4.



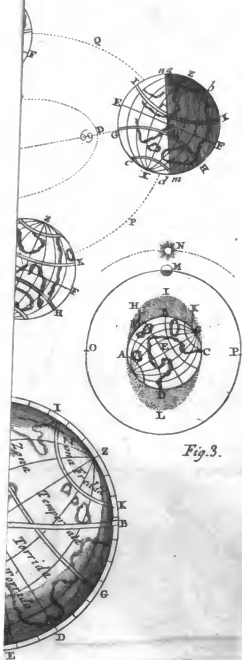


Fig. 3.



*Saturno
col suo Anello*

